Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens
Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians

Caractérisation des communautés benthiques et étude des contaminants dans des aires fréquentées par le béluga du Saint-Laurent

M.-F. Dalcourt, P. Béland, E. Pelletier et Y. Vigneault

Ministère des Pêches et des Océans
Direction de la Gestion des pêches et de l'habitat
Division de la Gestion de l'habitat du poisson
Gare maritime Champlain, C. P. 15 500
901, Cap Diamant, Québec, Qc, G1K 7Y7

Février 1992

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques No 1845

Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet ; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Number 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques
No. 1845

février 1992

CARACTÉRISATION DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES ET ÉTUDE DES CONTAMINANTS DANS DES AIRES FRÉQUENTÉES PAR LE BÉLUGA DU SAINT-LAURENT.

par

M.-F. Dalcourt[1], P. Béland[1], E. Pelletier[2] et Y. Vigneault

Ministère des Pêches et des Océans
Direction de la Gestion des pêches et de l'habitat
Division de la Gestion de l'habitat du poisson
Gare maritime Champlain
C.P. 15 500
901, Cap Diamant
Québec, (Québec)
G1K 7Y7

[1] Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent. 3872, Parc-Lafontaine, Montréal (Québec) H2L 3M6
[2] INRS-Océanologie. 310, allée des Ursulines, Rimouski (Québec) G5L 3A1

Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990
No de catalogue Fs 97-6/1845F ISSN 0706-6570

On devra référer comme suit à cette publication

Dalcourt, M.-F., P. Béland, É. Pelletier et Y. Vigneault. 1992. Caractérisation des communautés benthiques et études des contaminants dans des aires fréquentées par le béluga du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1845: 86 + VII p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ VI
ABSTRACT VI
PRÉFACE VII

INTRODUCTION 1

MATÉRIEL ET MÉTHODES 1
Stratégie d'échantillonnage 1
Choix des sites 2
Kamouraska 2
Ile-aux-Fraises 2
Saint-Simon 2
Analyses sédimentologiques 3
Analyses chimiques 3
Analyses des sédiments marins 3
Analyses des tissus biologiques 4
Analyses statistiques 4

RÉSULTATS ET DISCUSSION 5
Étude des communautés benthiques 5
Site de Kamouraska
associations d'espèces 5
ordination en espace réduit 5
groupements vs milieu physique 10
analyse générale du site 14
Site de l'Ile-aux-Fraises
ordination en espace réduit 17
groupements vs milieu physique 23
analyse générale du site 27
Site de Saint-Simon
ordination en espace réduit 29
groupements vs milieu physique 30
analyse générale du site 38
Étude des contaminants 41
Contaminants et milieu physico-chimique 41
Contaminants et niveaux trophiques 41
Comparaisons des trois sites 41
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) 45
Biphényles polychlorés (BPC) 45

OBSERVATIONS DE BÉLUGAS 51

CONCLUSION 51

REMERCIEMENTS 53

RÉFÉRENCES 53

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Dendrogramme de groupement à liens complets pour le site de Kamouraska..... 7
Figure 2. Distribution spatiale des taxons du site de Kamouraska en fonctions des coordonnées principales 1 et 2..... 8
Figure 3. Distribution spatiale des taxons du site de Kamouraska en fonctions des coordonnées principales 1 et 3..... 9
Figure 4. Distribution spatiale des taxons du site de Kamouraska en fonctions des coordonnées principales 2 et 3..... 10
Figure 5. Distribution des taxons du groupe 1 - site de Kamouraska..... 11
Figure 6. Distribution des taxons du groupe 2 - site de Kamouraska..... 12
Figure 7. Distribution des taxons du groupe 3 - site de Kamouraska..... 12
Figure 8. Répartition du pourcentage de sédiments fins - site de Kamouraska..... 13
Figure 9. Répartition du pourcentage de matière organique - site de Kamouraska..... 13
Figure 10. Abondance totale selon les stations du site de kamouraska..... 15
Figure 11. Abondance des principaux phyla selon les stations du site de Kamouraska..... 16
Figure 12. Dendrogramme de groupement à liens complets pour le site de l'Ile-aux-Fraises..... 19
Figure 13. Distribution spatiale des taxons du site de l'Ile-aux-Fraises en fonctions des coordonnées principales 1 et 2..... 20
Figure 14. Distribution spatiale des taxons du site de l'Ile-aux-Fraises en fonctions des coordonnées principales 1 et 3..... 21
Figure 15. Distribution spatiale des taxons du site de l'Ile-aux-Fraises en fonctions des coordonnées principales 2 et 3..... 22
Figure 16. Distribution des taxons du groupe 1 - site de l'Ile-aux-Fraises..... 23
Figure 17. Distribution des taxons du groupe 2 - site de l'Ile-aux-Fraises..... 24
Figure 18. Distribution des taxons du groupe 3 - site de l'Ile-aux-Fraises..... 24
Figure 19. Distribution des taxons du groupe 4 - site de l'Ile-aux-Fraises..... 25
Figure 20. Répartition du pourcentage de sédiments fins - site de l'Ile-aux-Fraises..... 25
Figure 21. Répartition du pourcentage de matière organique - site de l'Ile-aux-Fraises..... 26
Figure 22. Abondance des principaux phyla selon les stations du site de l'Ile-aux-Fraises..... 28
Figure 23. Dendrogramme de groupement à liens complets pour le site de Saint-Simon..... 31
Figure 24. Distribution spatiale des taxons du site de Saint-Simon en fonctions des coordonnées principales 1 et 2..... 32
Figure 25. Distribution spatiale des taxons du site de Saint-Simon en fonctions des coordonnées principales 1 et 3..... 33
Figure 26. Distribution spatiale des taxons du site de Saint-Simon en fonctions des coordonnées principales 2 et 3..... 34
Figure 27. Distribution des taxons du groupe 1 - site de Saint-Simon..... 35
Figure 28. Distribution des taxons du groupe 2 - site de Saint-Simon..... 36
Figure 29. Distribution des taxons du groupe 3 - site de Saint-Simon..... 36
Figure 30. Distribution des taxons du groupe 4 - site de Saint-Simon..... 37
Figure 31. Répartition du pourcentage de matière organique, des carbonates et de la fraction fine des sédiments - site de Saint-Simon..... 37
Figure 32. Abondance des principaux phyla selon les stations du site de Saint-Simon..... 38
Figure 33. Pourcentage de carbone, hydrogène et azote dans les sédiments, selon les sites et les strates de profondeur..... 43
Figure 34. Distribution des BPC et des pesticides dans les sédiments, selon les sites et les strates de profondeur..... 43
Figure 35. Distribution des BPC et des pourcentage de carbone, hydrogène et azote dans les sédiments..... 44
Figure 36. Distribution des BPC et des pesticides dans les organismes benthiques..... 44
Figure 37. Homologues de BPC contenus dans les sédiments..... 48

LISTE DES FIGURES (suite)

Figure 38. Homologues de BPC contenus dans les bivalves 49
Figure 39. Homologues de BPC contenus dans les gastéropodes 49
Figure 40. Homologues de BPC contenus dans les ophiures 50
Figure 41. Homologues de BPC contenus dans les poissons 50
Figure 42. Homologues de BPC contenus dans la crevette 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Résumé du nombre d'analyses chimiques 3
Tableau 2. Taxons utilisés pour les analyses de groupement et d'ordination au site de Kamouraska 6
Tableau 3. Données des variables utilisées dans les analyses factorielle et discriminante pour le site de Kamouraska 16
Tableau 4. Tests univariés et multivariés pour l'effet de strate (Kamouraska) 17
Tableau 5. Taxons utilisés pour les analyses de groupement et d'ordination au site du site de l'Ile-aux-Fraises 18
Tableau 6. Données des variables utilisées dans les analyses factorielle et discriminante du site de l'Ile-aux-Fraises 28
Tableau 7. Tests univariés et multivariés pour l'effet de strate (l'Ile-aux-Fraises) 29
Tableau 8. Taxons utilisés pour les analyses de groupement et d'ordination au site du site de Saint-Simon 30
Tableau 9. Moyennes, écarts types et coefficients de variation pour toutes les strates et les sites échantillonnés 39
Tableau 10. Données des variables utilisées dans les analyses factorielle et discriminante du site de Saint-Simon 40
Tableau 11. Tests univariés et multivariés pour l'effet de strate (Saint-Simon) 40
Tableau 12. Synthèse des données de contamination des sédiments et des organismes benthiques des trois sites 42
Tableau 13. Analyse de variance sur les contaminants contenus dans les sédiments 46
Tableau 14. Analyse de variance sur les contaminants contenus dans les organismes benthiques 47
Tableau 15. MANOVA pour l'effet de benthos 47
Tableau 16. Indices de contamination aux HAP pétrogéniques 48

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Description des stations, mission no.1 55
Annexe 2. Cartes des sites et des stations 59
Annexe 3. Listes taxonomiques 63
Annexe 4. Données détaillées sur les contaminants 74

RÉSUMÉ

On a étudié trois sites de l'estuaire du Saint-Laurent présumés comme des aires d'alimentation benthique pour le béluga . On y a décrit les sites en termes de paramètres physico-chimiques (profondeur, composition des sédiments), biologiques (structure des communautés benthiques) et paramètres de contamination (teneurs des sédiments et des organismes en BPC, pesticides, HAP, mercure), et on a examiné les relations entre ces paramètres. Les dendrogrammes et l'analyse des coordonnées principales ont permis d'identifier des associations d'espèces dans les communautés aux trois sites. Ces associations sont régies surtout par la profondeur et/ou le grain du sédiment, deux critères généralement liés entre eux. Les concentrations en contaminants sont faibles partout, et de façon générale, ne varient pas de façon significative en fonction des divers paramètres (profondeur, fractions sédimentaires, sites, taxons), sauf en ce qui concerne les pesticides et certains taxons. Bien qu'incomplète, en particulier pour la caractérisation toxicologique de certains taxons et en termes de couverture spatiale et de variations saisonnières, l'étude suggère que les communautés benthiques ne représentent pas des entrées directes importantes de contaminants pour la population de bélugas du Saint-Laurent.

ABSTRACT

Three sites presumed to be used as benthic feeding areas by beluga whales were studied in the St. Lawrence estuary. Benthic communities were described in terms of physico-chemical criteria (depth, composition of sediments), biological criteria (community structure) and toxicological criteria (PCB, pesticides, PAH, and mercury concentrations in sediments and in biological organisms), as well as in terms of the relationships between these criteria. Species associations were identified in communities at the three sites through dendrogram and principal coordinate analyses. These associations were found to be controlled mostly by depth and/or sediment grain, two criteria that are generally related. Contaminant concentrations were low everywhere and were generally not significantly related to any criterion (depth, sediment composition, sites, taxa), except in the case of pesticides in certain taxa. Although incomplete, particularly in terms of toxicological analyses in some taxa as well as in terms of spatial coverage and seasonal variations, the study suggests that benthic communities are not significant direct sources of contaminants for the St. Lawrence beluga whale population.

PRÉFACE

Le ministère des Pêches et Océans présente dans ce document la synthèse d'une étude réalisée en 1990 et 1991. La version détaillée peut-être consultée en s'adressant à l'institution auteure et au bureau du Ministère. Ce projet a été réalisé dans le cadre du Plan d'action Saint-Laurent plus particulièrement à l'intérieur du volet "État de l'Environnement et des Écosystèmes".

INTRODUCTION

Avant toute chose, la survie des espèces du fleuve dans le contexte global actuel dépend essentiellement de la préservation, autant en termes de qualité qu'en termes de superficie et de volume, des habitats qui leur sont essentiels. Le béluga du Saint-Laurent ne fait pas exception. Une caractérisation sommaire des habitats du béluga dans le Saint-Laurent a été faite récemment (Michaud *et al.*, 1990), et les contaminants présents dans les tissus de ces mammifères (voir synthèse dans Béland *et al.*, 1992) démontrent que la qualité de ces habitats a été modifiée de façon importante depuis quelques décennies. Cependant, l'origine de ces contaminants, si elle peut être présumée en termes généraux, est mal connue en termes des processus qui ont cours dans le réseau alimentaire qui les supportent. Béland et Martineau (sous presse) ont estimé qu'environ la moitié des organochlorés présents dans la population de bélugas proviendrait d'anguilles migratrices en provenance des Grands-Lacs. Quelle que soit l'exactitude du calcul de balance de masse qu'ils ont proposés, il n'expliquerait que la moitié de la charge toxique des bélugas. On doit donc chercher localement la source d'un apport considérable de contaminants.

Depuis 1988, dans le cadre du "Plan d'action Saint-Laurent" du Ministère des Pêches et des Océans (MPO), et plus précisément à l'intérieur du "Plan d'action interministériel pour la survie du béluga du Saint-Laurent", on retrouve un volet concernant la *caractérisation des habitats* du béluga, de même qu'un autre relatif à *l'accroissement des connaissances*. Ces préoccupations nous ont permis de réaliser en 1990 la caractérisation des communautés benthiques pour trois sites où les temps de résidence des bélugas sont prolongés (Michaud *et al.*, 1990) et où des observations par bateau à l'été 1989 suggèrent un comportement d'alimentation benthique (Michaud, communication personnelle). On a 1) défini les communautés benthiques; 2) décrit la nature des sédiments; 3) analysé les substances toxiques dans les principaux taxons et dans les sédiments.

Le présent rapport constitue une synthèse des résultats obtenus aux sites de Kamouraska, l'Ile-aux-Fraises et Saint-Simon. Les buts visés ici sont de mettre en relation la concentration des contaminants dans les sédiments selon les variables physico-chimiques des sites, d'identifier les variations de contamination en fonction du type d'organisme benthique et des sites d'échantillonnage, en plus de décrire les communautés présentes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

En tout, deux missions de terrain ont eu lieu pendant l'été 1990. La première consistait à évaluer les sites retenus en fonction du plan d'échantillonnage projeté. Cette évaluation incluait des essais d'échantillonnage des sédiments avec une benne (pour vérifier les substrats et la force des courants) et des observations en plongée sous-marine (maximum 30 m) pour estimer l'homogénéité des sites. La sortie no1, la deuxième mission, a consisté à récolter les échantilons nécessaires à l'évaluation des communautés benthiques, de la nature des sédiments et des concentrations des contaminants.

Un échantillonnage systématique statifié a été retenu pour cette étude et les prélèvements ont été faits à la benne Van Veen modifiée (0,1 m^2) à partir du bateau de l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent. La modification de la benne Van Veen employée consiste en ouvertures grillagées dans le haut de l'engin pour permettre une meilleure circulation de l'eau. La stratification de l'échantillonnage a été faite en fonction de la profondeur pour les sites de Kamouraska et de l'Ile-aux-Fraises et en fonction de la distance de la côte pour le site de Saint-Simon, puisque la profondeur est uniforme à cet endroit (annexe 1). La stratification est souvent employée dans les études benthiques puisqu'elle permet une meilleure évaluation des lieux et diminue la variance (Green, 1980).

La position des stations d'échantillonnage était enregistré au Loran C (avec une marge d'erreur de 60 mètres) et les profondeurs déterminées à l'aide d'un sondeur Furuno FE606 (marge d'erreur de 0.3 mètres). Nous avons tenté d'établir le pas d'échantillonnage pour les stations d'une même strate de profondeur à 0.5 mille marin, mais les variations géomorphologiques des sites ont parfois modifié la distribution de certaines stations (annexe 2). L'annexe 1 fournit les positions exactes, les profondeurs et autres détails relatifs à chaque station d'échantillonnage.

Pour le travail à la benne, l'ancre était jetée et une fois le bateau stabilisé, la profondeur et la position étaient notées en même temps que la benne était descendue. À chaque station, un pre-

mier prélèvement servait au ramassage des organismes et un deuxième coup de benne servait à récolter des sédiments pour les analyses de granulométrie. La statégie consistant à ne prendre qu'une benne par station est encouragée par Cuff et Coleman (1979) et Saila *et al.* (1976) et permet d'obtenir, pour le même coût d'opération, une description plus complète d'un milieu en couvrant une plus grande surface. La vidange de la benne se faisait d'abord dans un récipient gradué (pour le calcul du volume) et le contenu était ensuite passé au tamis (950 µm). Les organismes abondants ou de bonne taille ont été congelés pour des fins d'analyses de contaminants et le reste conservé dans une solution saline de formaldéhyde à 4%, tamponnée au borax. Les échantillons conservés dans la formaldéhyde ont ensuite été transférés dans l'alcool à 70% additionnée de glycérine afin de maximiser la conservation. L'identification à l'espèce a été réalisée avec la documentation (principalement Abbott, 1974; Barnes, 1980; Gosner, 1976; Shultz, 1969) et la collection de référence de l'Institut Maurice-Lamontagne à Ste-Flavie.

CHOIX DES SITES

Les critères ayant déterminé le choix des trois sites sont l'importance du temps de résidence des bélugas et les observations effectuées par Michaud et son équipe, pendant l'été 1989, laissant présumer une alimentation de fond. En effet, des bélugas ont été aperçus avec de la boue ou de la vase sur le corps dans les secteurs choisis.

Kamouraska

Les environs des Iles de Kamouraska, avec un taux de fréquentation estival de 89% (n=18 survols), constituent l'un des secteurs où les plus hauts taux de fréquentation des bélugas ont été mesurés (Breton et Michaud, 1990). Le site de Kamouraska se caractérise par la présence d'une fosse bordée de plateaux à l'Est et à l'Ouest. Il est délimité par l'extrémité du Banc de l'Ile-aux-Lièvres au Nord-Est et par les Iles de Kamouraska au Sud (carte 1, annexe 2). Cette partie de l'estuaire moyen a une salinité moyenne de 22 à 24 ‰ (Couillard, 1987) et contient des communautés biologiques proprement estuariennes qui se caractérisent par une grande variété de biotopes et d'organismes (Desgranges *et al.*, 1990).

Les strates de profondeur échantillonnées sont: strate no 1 de 45 à 48 m, strate no 2 de 29 à 35 m et strate no 3 de 18 à 23 m. Nous avons limité l'amplitude des strates à un maximum de 10 mètres, une fois les profondeurs d'échantillonnage converties à la profondeur à marée basse (en considérant l'amplitude de marée et l'heure au moment de la prise de chaque échantillon).

Ile-aux-Fraises

Ce secteur, tout comme celui de Kamouraska, est considéré comme un habitat d'été présumé de la population des bélugas du Saint-Laurent (Michaud *et al.*, 1990). Son taux de fréquentation estival est de 82% (n=11 survols) avec une composition de 36,7% (n=116 individus) d'immatures. Il possède également les caractéristiques nécessaires pour l'échantillonnage à la benne, c'est-à-dire un substrat meuble prédominé par la pélite sableuse (Michaud *et al.*, 1990).

Le site de l'Ile-aux-Fraises se situe au Sud-Ouest de l'Ile-aux-Lièvres, en bordure du Chenal du Nord. Il s'agit d'une falaise descendant vers le nord et bordée par un plateau où se trouve l'île et le récif de l'Ile-aux-Fraises. Les trois strates de profondeur échantillonnées ont été: strate no 1 de 78 à 89 m, strate no 2 de 47 à 58 m et strate no 3 de 32 à 36 m. Ici, il a été difficile de limiter l'amplitude des strates à 10 m à cause de la pente qui devient très accentuée.

Saint-Simon

Le secteur de Saint-Simon, situé à la limite de l'aire de distribution estivale de la population de bélugas du Saint-Laurent, est un site pour lequel le taux de fréquentation n'a pas été compilé. Il appert cependant, sur la base des observations faites lors des survols aériens et des patrouilles en bateau, qu'il est largement utilisé (Michaud, communication personnelle). Il s'agit également d'un secteur où l'on a observé un béluga taché de vase pendant l'été 1989.

Le site se situe entre les Iles Rasades et Saint-Simon-sur-Mer, entre 2.5 et 3.5 miles marins au large de la rive sud, où nous avons trouvé un substrat vaseux. En effet, le reste du secteur se caractérise par un fond sablonneux parfois mêlé de gravier et de roches. Le secteur d'intérêt étant situé sur un plateau de profondeur variant de 26 à 37 m, il n'a pas été possible d'obtenir trois strates de profondeur comme pour les autre sites. Nous avons donc déterminé deux strates en fonction de

la distance de la côte. Ce site se distingue également des deux autres par sa situation dans l'estuaire maritime au lieu de l'estaire moyen. Les eaux de ce secteur peuvent atteindre des salinités de 30‰ et sont généralement plus froide (Couillard, 1987) et plus claires que celles de Kamouraska et de l'Ile-aux-Fraises.

ANALYSES SÉDIMENTOLOGIQUES

La teneur en carbonates par différence de poids a été déterminée à partir de 5 g de sédiment humide séché 24 heures à 40°C, pesé et ensuite recouvert de HCL 1M pendant 12 heures (Rivière, 1977). Le sédiment est ensuite lavé une dizaine de fois à l'eau chaude et séché pendant 24 heures à 40°C avant d'être pesé à nouveau. Le pourcentage de carbonates est calculé avec la différence des poids. Pour la teneur en matière organique, la méthode pour sédiment très argileux a été utilisée pour la plupart des échantillons: environ 5 g de sédiment humide séché 24 h à 40°C, pesé et placé au four à 600°C pendant au moins 8 h et pesé à nouveau. Le pourcentage de matière organique se calcule par différence de poids, comme pour les carbonates.

La granulométrie a d'abord consisté en une séparation des fractions fine et grossière par tamisage avec jet d'eau sur tamis de 63 µm surmonté d'un tamis 125 µm en guise de protection. Les carbonates sont éliminés de la fraction grossière par traitement au HCL (12 h) qui est ensuite séchée et soumise à un traitement de peroxide d'hydrogène (H_2O_2) 35% (12 h) pour l'élimination de la matière organique. Le sédiment séché est alors placé dans une colonne de tamis au 1/4 ø et agité pendant 15 mn. Le contenu de chaque tamis est pesé et le résidu du dernier tamis (63 µm) est ajouté à la fraction fine. Cette dernière a été analysée avec la méthode de la pipette d'Andreasen telle que décrite par Rivière (1977). Bien que la granulométrie ait été effectuée en entier, nous avons principalement utilisé le pourcentage de la fraction fine des sédiments dans les analyses de communautés benthiques afin de simplifier l'interprétation.

ANALYSES CHIMIQUES

Les analyses chimiques ont été effectuées sur les organismes congelés lors de l'échantillonnage. Le choix des organismes dépend de la disponibilité de la biomasse. Le nombre d'individus disponibles était parfois important, mais leur petite taille et leur faible poids ont restreint les possibilités d'analyses (tableau 1). Nous souhaitions orienter nos choix en fonction des proies présumées des bélugas du Saint-Laurent dans les secteurs étudiés, mais cela n'a pu être le cas. Toutefois, nous possédons quelques valeurs sur la contamination de gastéropodes et ces derniers figurent sur la liste des proies potentielles dans les secteurs de Kamouraska et de l'Ile-aux-Fraises (Michaud *et al.*, 1990). Les analyses de sédiments ont été réalisées à raison d'un échantillon par strate, provenant d'une station sélectionnée à l'intérieur de la strate de profondeur. Le nombre en est restreint (n=7 analyses) et tient compte des contraintes de coûts; nous désirions avoir un aperçu des concentrations existantes avant d'aller de l'avant avec un nombre d'analyses plus important.

TABLEAU 1. Résumé du nombre d'analyses chimiques effectuées sur les échantillons d'organismes benthiques et de sédiments des sites de Kamouraska, l'Ile-aux-Fraises et Saint-Simon.

CONTAMINANT	ANALYSES DE TISSUS BIOLOGIQUES	ANALYSES DE SÉDIMENTS
BPC	21	7
pesticides	22	7
HAP	7	7
mercure	6	7

Analyses des sédiments marins:

i) Contaminants: HAP, BPC et pesticides.

L'analyse des contaminants organiques a été faite sur des sédiments séchés à 45° C pendant 16 heures et homogénéisés sur un tamis de 1 mm. L'extraction de 25 g de sédiments fut faite avec trois portions de 100 cc d'un mélange 75:25 d'hexane et d'acétone au bain ultra-son. Les extraits ont ensuite été combinés et concentrés à l'évaporateur portatif, puis ont subi une évaporation sous azote jusqu'à 1 cc. Ces extraits furent alors purifiés sur une colonne de silice pour les HAP, ou sur une colonne Fluorisil© pour les BPC et les pesticides. La quantification et l'identification des contaminants a été faite par

chromatographie en phase gazeuse avec colonne capillaire DB5 et détecteur FID (pour les HAP) ou ECD (pour les BPC et les pesticides). L'identification des composés fut confirmée par GC/MS. Les congénères de BPC ont été assignés selon les résultats de Schulz *et al.* (1989).

ii) Dosage du mercure.

Le dosage du mercure dans les sédiments marins a été fait sur du matériel sec. Les sédiments ont été séchés à 50°C pendant 72 heures et tamisés sur 1 mm. La digestion fut faite avec un mélange 1:1 d'acides nitrique et sulfurique, suivie d'une addition d'acide chlorhydrique. La teneur en mercure a été déterminée par la technique d'absorption atomique des vapeurs froides par oxydation avec $SnCl_2$ sur un spectrophotomètre Fisher modèle HG-3. La limite de détection était de 0,005 µg/g; le coefficient de variation pour l'ensemble de la procédure analytique était < 10%.

Analyses des tissus biologiques:

1) Contaminants: HAP, BPC et pesticides.
L'analyse des contaminants organiques dans les tissus biologiques a été faite sur du matériel humide. L'échantillon (5-20 g) a d'abord été homogénéisé avec un mélangeur Virtis (20,000 rpm) dans un récipient en verre. Après avoir ajouté suffisamment de sulfate de sodium pour absorber complètement l'humidité du tissu, l'échantillon était soumis à trois extractions successives au bain ultra-son avec 100 ml d'un mélange 50:50 hexane/dichlorométhane. Les extraits étaient ensuite combinés, réduits à un volume de 3-4 ml et purifiés sur un tamis moléculaire Bio-beads© SX3 (Biorad) selon la méthode proposée par Norstrom *et al.* (1986) pour éliminer les lipides et les autres grosses molécules indésirables. Le reste de la procédure de quantification pour chacun des types de composés était similaire à celle décrite pour les sédiments. Une certaine quantité de l'échantillon a été conservée pour déterminer le pourcentage de lipides.

ii) Dosage du mercure.

L'analyse du mercure dans les tissus biologiques a été faite sur du matériel humide. La digestion de 5-10 g d'homogénat fut faite dans un mélange 1:1 d'acides sulfurique et nitrique pendant 24 heures à la température de la pièce, puis pendant 90 minutes à 60°C. Le reste de la procédure était identique à celle utilisée pour le dosage du mercure dans les sédiments.

ANALYSES STATISTIQUES

Associations d'espèces

Les analyses statistiques ont été effectuées avec les logiciels SYSTAT (MacIntosh, version 3.2) et le "Progiciel R" (disponible en s'adressant à P. Legendre, Université de Montréal). Nous avons entre autre utilisé le Progiciel R pour le calcul des matrices d'associations entre les espèces. Une contrainte importante dans notre cas est la grande quantité de zéros (68.95% dans le tableau d'abondance du site de Kamouraska). L'absence d'une espèce dans un échantillon ne peut être considérée comme une information ayant le même poids que sa présence, étant donné la répartition spatiale (souvent de type agglomeré) des organismes en cause. Le calcul d'une matrice de similarité ne peut donc se faire selon les coefficients usuels pour les données sociologiques, de même qu'à l'aide des données de densité. Les matrices d'associations ont donc été calculées à partir de l'indice de communauté de Jaccard (coefficient asymétrique) qui utilise la base de présence/absence et minimise l'impact des agrégations. Ainsi, toutes les espèces sont comparées deux par deux selon un tableau de fréquence tel que:

		espèce x_1	
		1	0
espèce x_2	1	*a*	*b*
	0	*c*	*d*

La valeur de *a* représente le nombre de stations où il y a occurrence des deux espèces comparées; *b* est le nombre de stations où x_2 se retrouve mais où x_1 est absent, et inversement pour *c*. Ces descripteurs binaires sont ensuite utilisés dans le calcul du coefficient de Jaccard (Legendre et Legendre, 1984):

$$S_7(x_1, x_2) = \frac{a}{a+b+c}$$

L'ensemble des comparaisons deux à deux constitue la matrice de similarité qui a servi de base aux analyses d'ordinations (dendrogramme à liens complets et coordonnées principales). Nous avons exclus du calcul les espèces rares, c'est-à-

dire celles qui n'ont été rencontrées qu'à une seule station sur l'ensemble du site, puisque ces taxons sont difficiles à associer à une communauté avec un minimum de certitude (Walker *et al.*, 1979). Pour le site de l'Ile-aux-Fraises, qui est le plus diversifié, les espèces rencontrées à deux des quinze stations ont également été considérées comme rares et éliminées. Cette mesure a facilité les analyses en diminuant le nombre d'espèces traitées. Les espèces surabondantes, c'est-à-dire celles qui se retrouvent à toutes les stations ou à toutes les stations moins une (moins deux pour l'Ile-aux-Fraises), ont également été éliminées puisqu'il est difficile en ce cas d'établir leurs relations avec les autres espèces environnantes.

À partir de la matrice, un dendrogramme à liens complets et une analyse en coordonnées principales ont permis d'identifier les espèces semblant constituer des associations stables et pouvant servir à définir les types de communautés benthiques de l'endroit. Les analyses factorielle et discriminante ont permis d'évaluer l'importance des paramètres physiques et biologiques pour la distinction des strates, telles que définies par le plan d'échantillonnage.

Étude des contaminants

La contamination des sites de Kamouraska, l'Ile-aux-Fraises et de Saint-Simon a été comparée à l'aide de méthodes non paramétriques vu le faible nombre d'analyses et des problèmes de colinéarité. Une analyse multivariée a néanmoins été effectuée pour tester la distribution des BPC et des pesticides dans l'ensemble des sites et des taxons. Les autres contaminants ont été exclus à cause du faible nombre d'observations disponibles.

ÉTUDE DES COMMUNAUTÉS BENTHIQUES

Site de Kamouraska : associations d'espèces

La figure 1 illustre, sous forme de dendrogramme, le groupement à liens complets des 35 espèces rencontrées plus d'une fois et absentes à au moins une station au site de Kamouraska. Les espèces sont désignées par un nombre à cause des contraintes informatiques du programme utilisé, mais le tableau 2 fournit les noms correspondants. Pour la liste complète des espèces, consultez l'annexe 3. Le dendrogramme à liens complets rend aisé la visualisation des associations entre groupes d'organismes. Ce type de groupement identifie les objets (ici les espèces) qui sont liés au maximum. Pour être inclus dans un groupe, un nouvel objet doit obligatoirement être lié à chacun des objets déjà présent (Legendre et Legendre, 1984). Cette exigence a pour conséquence de restrein-dre les groupements définis. Afin de palier à cet inconvénient, et pour compléter les informations pouvant être obtenues de la matrice de similarité, nous avons fait une ordination en espace réduit par la méthode des coordonnées principales. Les associations décrites plus loin résultent d'un compromis entre les groupements obtenus avec le dendrogramme et les projections spatiales données par les coordonnées principales.

Site de Kamouraska : ordination en espace réduit

Le choix de la méthode d'ordination dépend encore une fois de la contrainte des doubles zéros qui a une influence marquée sur le calcul des distances. Les figures 2 à 4 illustrent les positions des espèces dans les espaces réduits des trois coordonnées principales, telles que fournies par le programme "Progiciel R". En observant ces figures et le dendrogramme (figure 1) il est possible d'identifier des associations d'espèces. Nous avons restreint la définition des groupes aux associations qui contiennent plus de deux taxons et qui sont rapprochés au moins dans les deux premières dimensions des coordonnées principales. La troisième dimension possède un moins grand pouvoir de séparation et il arrive que les groupes soient moins bien définis dans celle-ci. Trois groupes ont été identifiés et ont servis de base à la définition des communautés benthiques du site de Kamouraska. Ces associations comprennent les espèces et les embranchements suivants:

Groupe 1 (7 taxons):
2. *Haploops tubicola*
7. *Maera loveni*
19. *Yoldia myalis*
28. *Thyasira flexuosa*
32. *Natica clausa*
41. *Clymenura* sp.
48. *Lumbrineris fragilis*

Groupe 2 (5 taxons):
23. *Astarte elliptica*
44. *Eteone longa*
64. *Praxillella* sp.
68. *Scoloplos armiger*
71. *Terebellides stroemi*

Groupe 3 (4 taxons):
17. *Ophiura* sp.
73. *Trochochaeta* sp.
74. NEMERTEA (embranchement)
75. NEMATODA (embranchement)

TABLEAU 2. Liste des taxons identifiés au site de Kamouraska et utilisés pour les analyses de groupement et d'ordination.

2. *Haploops tubicola*	51. *Lumbrineris tenuis*
4. *Centromedon pumilus*	52. Maldanidae (famille)
7. *Maera loveni*	53. *Maldane sarsi*
9. *Phoxocephalus holbolli*	59. *Nicomache lumbricalis*
13. *Synidotea marmorata*	63. *Praxillella praetermissa*
15. OSTRACODA (sous-classe)	64. *Praxillella* sp.
17. *Ophiura* sp.	65. *Proclea graffi*
19. *Yoldia myalis*	66. *Rhodine* sp.
20. *Lyonsia arenosa*	67. *Scalibregma inflatum*
23. *Astarte elliptica*	68. *Scoloplos armiger*
27. *Macoma calcarea*	70. *Syllis gracilis*
28. *Thyasira flexuosa*	71. *Terebellides stroemi*
30. *Cylichna alba*	72. *Tharynx* sp.
32. *Natica clausa*	73. *Trochochaeta* sp.
35. *Ampharete acutifrons*	74. NEMERTEA (embranchement)
41. *Clymenura* sp.	75. NEMATODA (embranchement)
44. *Eteone longa*	76. SIPUNCULIDA (embranchement)
48. *Lumbrineris fragilis*	

note: Le nombre qui précède le taxon est celui utilisé pour son identification.

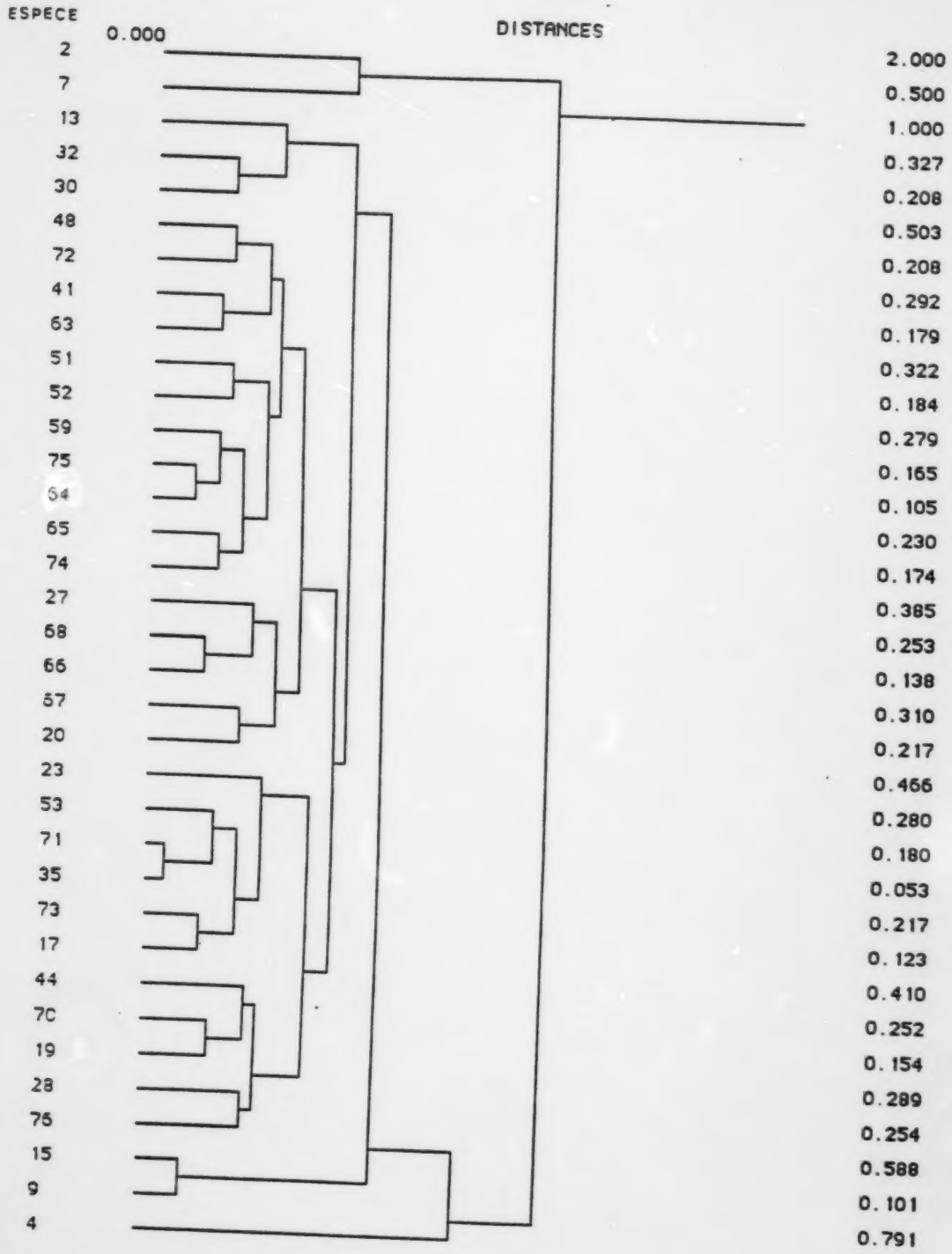
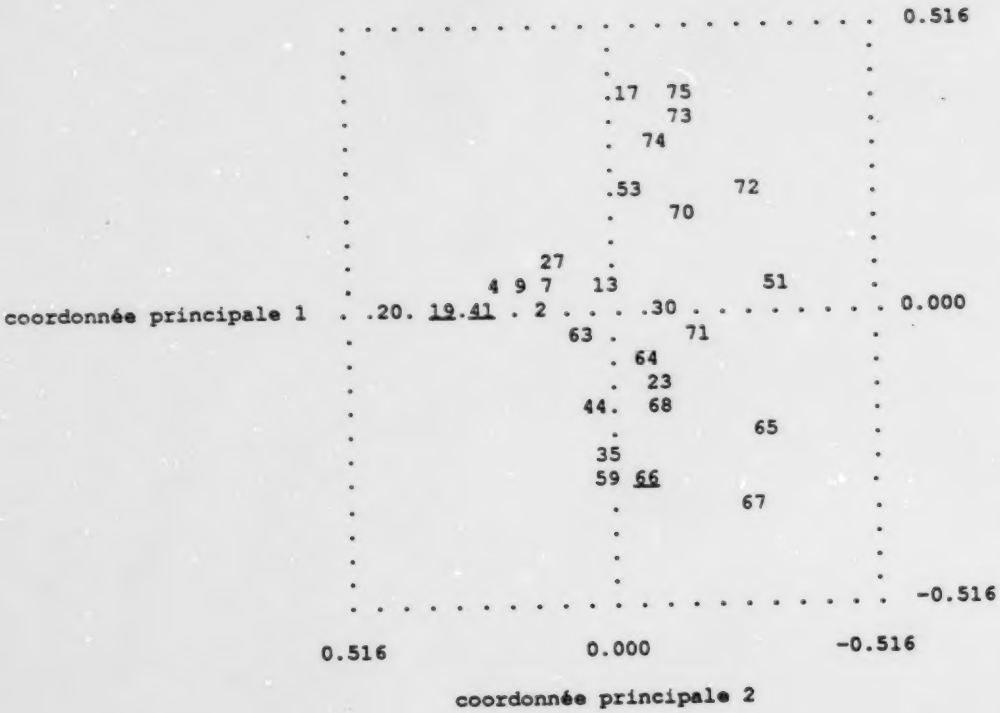


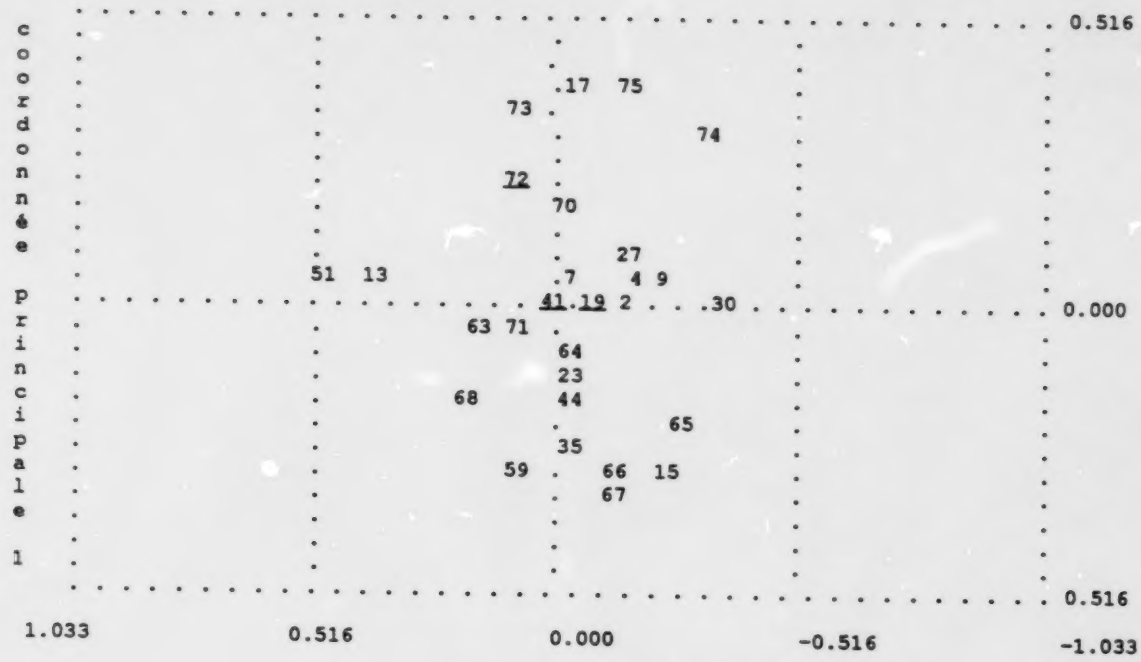
FIGURE 1. Dendrogramme de groupement à liens complets pour les taxons identifiés au site de Kamouraska.



19 = 32
41 = 20 et 28
66 = 15

note: Les nombres correspondent aux espèces du tableau 2. Les nombres soulignés représentent des positions occupées par plus d'une espèce.

FIGURE 2. Distribution spatiale des espèces du site de Kamouraska en fonction des coordonnées principales 1 et 2.



19 = 32, 48 et 52
41 = 20 et 28
72 = 53

note: Les nombres correspondent aux espèces du tableau 2. Les nombres soulignés représentent des positions occupées par plus d'une espèce.

FIGURE 3. Distribution spatiale des espèces du site de Kamouraska en fonction des coordonnées principales 1 et 3.

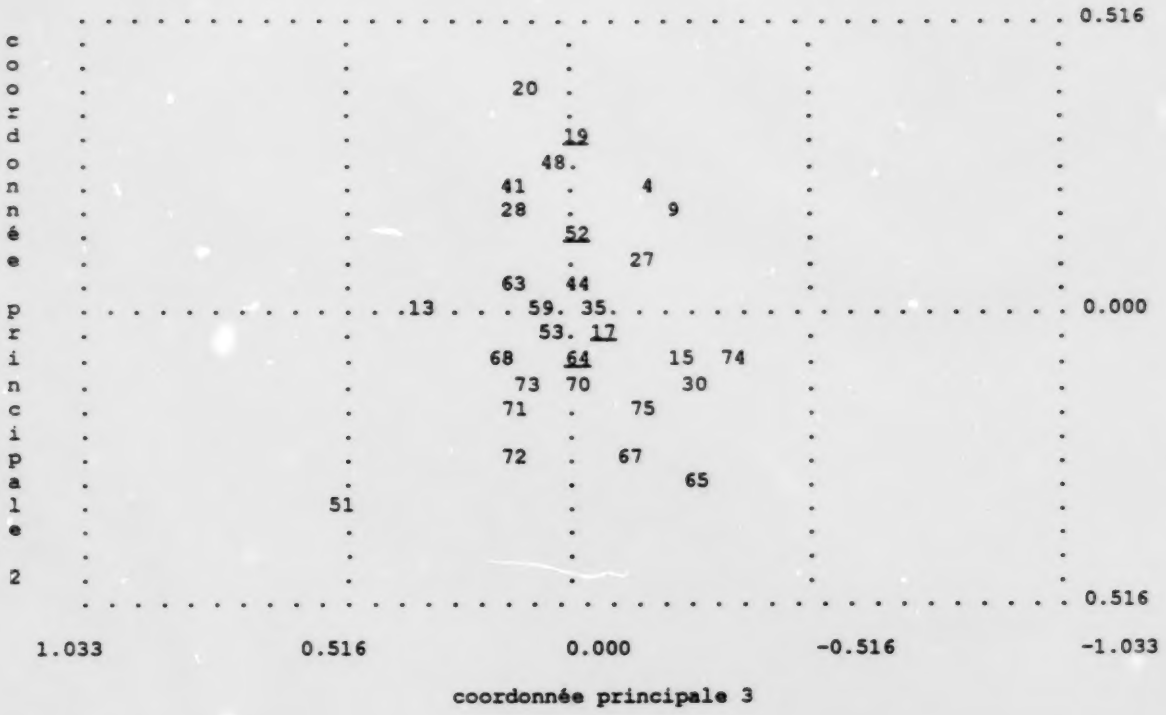


FIGURE 4. Distribution spatiale des espèces du site de Kamouraska en fonction des coordonnées principales 2 et 3.

Site de Kamouraska : groupements vs milieu physique

Nous avons représenté les distributions des trois groupes identifiés sous forme d'histogrammes (figures 5 à 7). Les données de densité ont été utilisées pour illustrer le nombre d'individus de chacun des taxons. Cependant, les valeurs élevées de densité peuvent parfois correspondre à la présence d'un agglomérat à la station d'échantillonnage. Toutefois, la tendance générale illustrée par l'histogramme est révélatrice de la distribution: si par exemple, toutes les stations d'une même strate de profondeur contiennent un nombre élevé d'individus pour un taxon donné, alors qu'une autre strate se trouve au contraire très pauvre pour le même taxon, il ne s'agit plus d'un phénomène local causé par une agglomération, mais bien d'une représentation de la distribution dans le secteur étudié.

Une analyse discriminante effectuée sur les scores de chaque taxon pour les trois dimensions a permis de vérifier la validité des groupes retenus en plus de démontrer que le pouvoir de discrimination de la coordonnée principale 1 est suffisant, à lui seul, pour séparer les trois groupes. Les tests univariés (F) et multivariés (Wilks, Pillai et Hotelling-Lawley) sur les effets des coordonnées principales se sont tous avérés significatifs. Toutefois, la valeur des coordonnées principales reste limitée tant que celles-ci n'ont pas été reliées

à des caractérisques physiques du site. Nous en verrons plus loin l'interprétation possible. Nous avons inclus aux figures 8 et 9 les graphiques de la répartition des sédiments fins (<63 µm) et du pourcentage de matière organique, qui possèdent des courbes très semblables.

D'un point de vue global, la distribution du groupe 1 semble négativement influencée par la quantité de sédiments fins au site de Kamouraska. En effet, plus le pourcentage de particules plus petites que 63 µm est grand, moins on observe d'organismes. Le secteur de Kamouraska se caractérise par une zone d'eau turbide et où se dépose une partie des sédiments charriés par le fort courant fluvial qui est ralenti autour des îles (Desgranges *et al.*, 1990). En regardant de plus près les figures 5 et 8, on remarque que cette tendance est en grande partie due aux mollusques *Yoldia myalis* et *Thyasira flexuosa* ainsi qu'au polychète *Lumbrineris fragilis*. Cette dernière espèce semble également subir les effets de la profondeur puisqu'elle est absente des stations 8 à 15, alors que *Maera loveni* démontre une tendance inverse. Que certains mollusques soient réfractaires aux particules fines n'a en soit rien de surprenant puisqu'il peut en résulter une moins bonne efficacité de filtrage due au blocage ou à l'irritation du système branchial. Un fait intéressant à souligner est la présence d'un plus grand nombre d'espèces dans la strate 2, où il y a pourtant une grande proportion de sédiments fins. Il faut toutefois noter que la densité est néanmoins plus faible que dans les deux autres strates. L'explication la plus probable est qu'il s'agit d'une zone de transition où se trouvent présentes les espèces fréquentant les eaux intermédiaires et celles préférant la zone des 15-20 mètres.

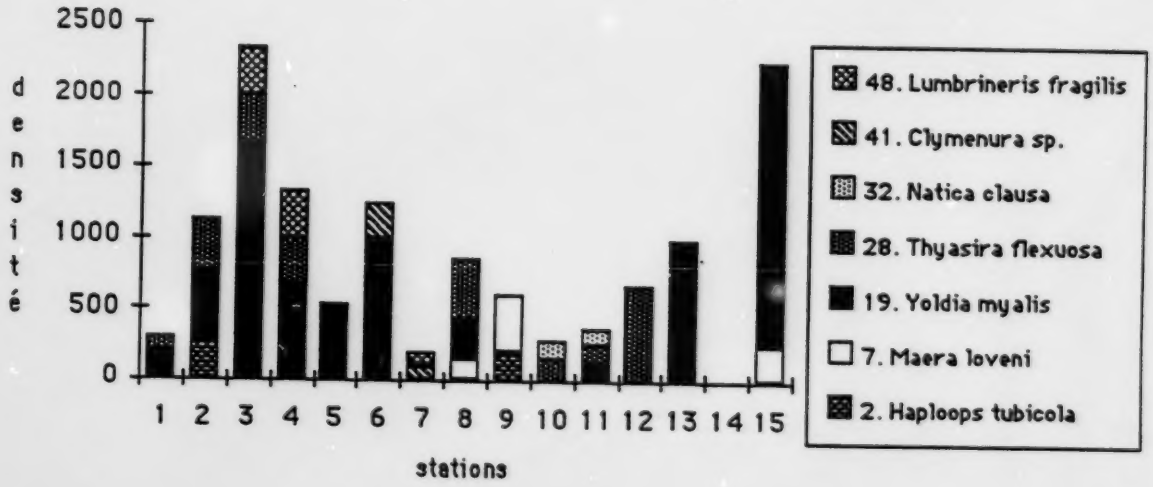


FIGURE 5. Distribution des taxons du groupe 1 - site de Kamouraska.

note: Les profondeurs varient de 45 à 48 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 29 à 35 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 18 à 23 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3). La densité s'exprime en individus par m^3.

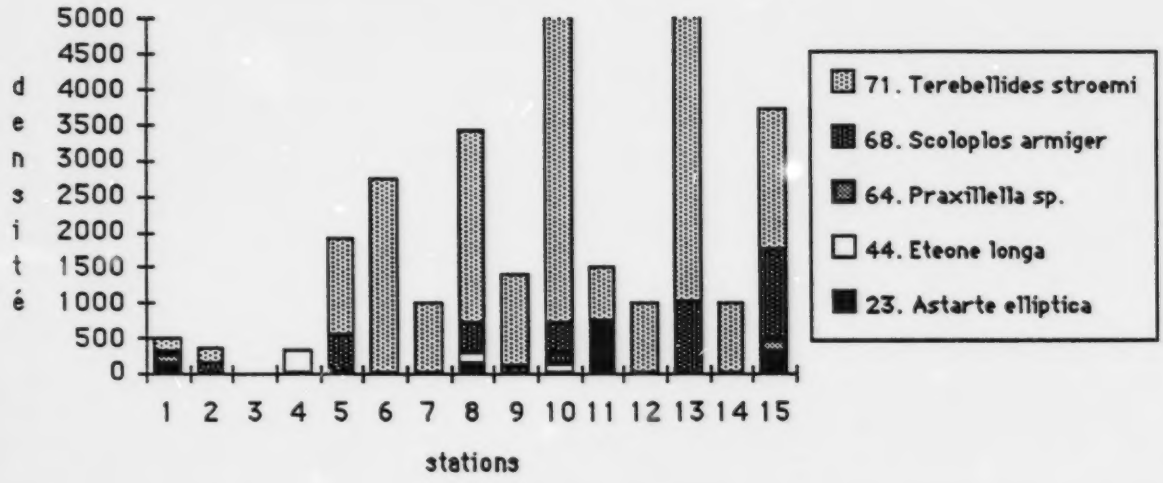


FIGURE 6. Distribution des taxons du groupe 2 - site de Kamouraska.

note: Les profondeurs varient de 45 à 48 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 29 à 35 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 18 à 23 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3). La densité s'exprime en individus par m^3.

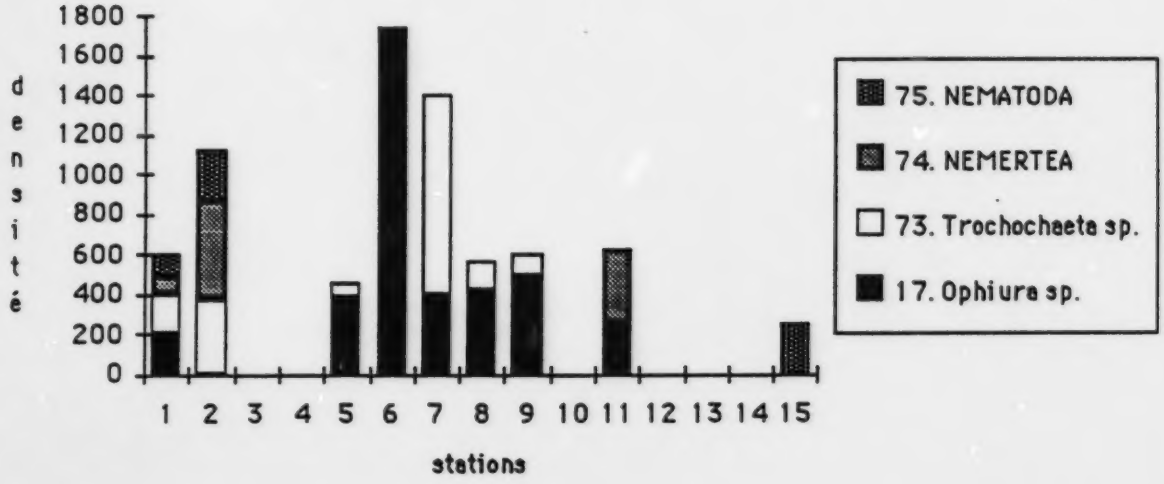


FIGURE 7. Distribution des taxons du groupe 3 - site de Kamouraska.

note: Les profondeurs varient de 45 à 48 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 29 à 35 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 18 à 23 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3). La densité s'exprime en individus par m^3.

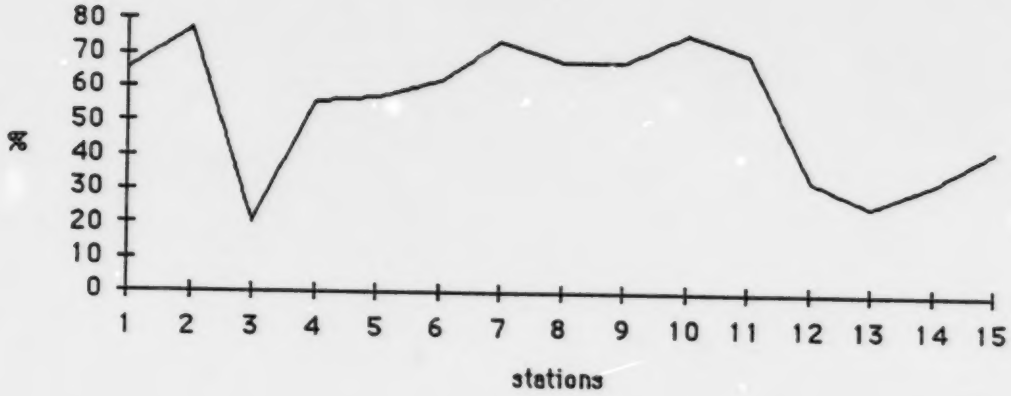


FIGURE 8. Répartition du pourcentage de sédiments fins (<45 µm) - site de Kamouraska.

note: Les profondeurs varient de 45 à 48 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 29 à 35 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 18 à 23 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

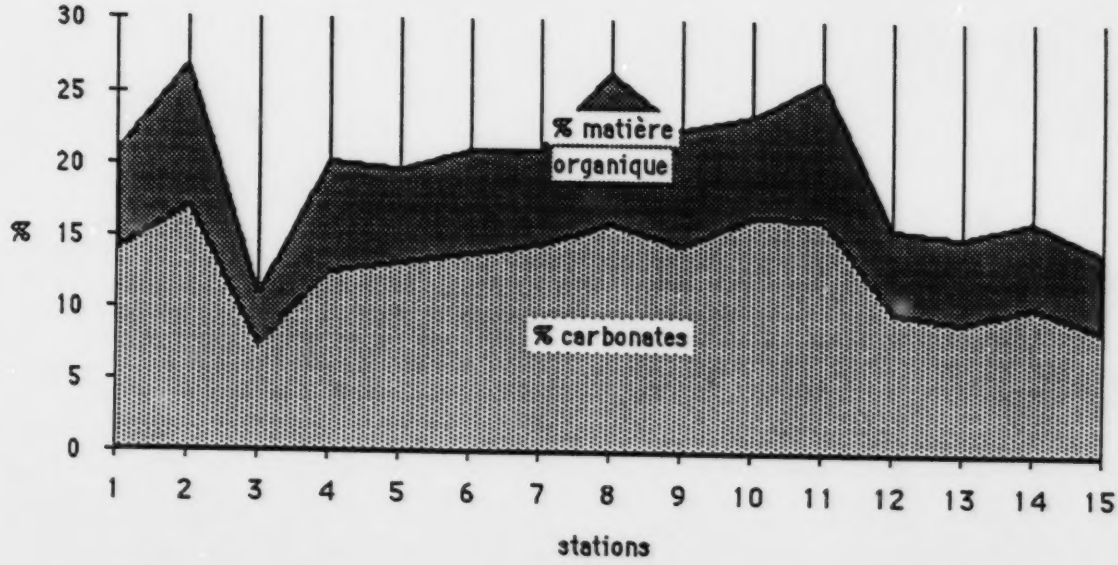


FIGURE 9. Répartition du pourcentage de matière organique et de carbonates - site de Kamouraska.

note: Les profondeurs varient de 45 à 48 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 29 à 35 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 18 à 23 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

Selon Perkins (1974), *Thyasira flexuosa* est un mollusque d'eau profonde, froide et plutôt salée, et fréquentant les fonds sablo/vaseux. Il en serait de même pour *Lumbrineris fragilis* (Hugues *et al.*, 1972) alors que le crustacé *Haploops tubicola*, s'il recherche les profondeurs, se retrouve surtout dans des substrats de vase ferme. Ces observations concordent avec nos résultats et l'occurrence de *H. tubicola* correspond à des échantillons contenant une forte proportion d'argile. D'une façon générale, le groupe 1 se retrouve sur des fonds sablo/vaseux avec des îlots argileux. La majeure partie des taxons de ce groupe préfèrent les eaux relativement profondes, et seules les espèces fortement euryhalines et eurythermales se retrouvent dans la zone échantillonnée à 18-23 mètres.

Le groupe 2 est constitué presque uniquement de polychètes, à l'exception de *Astarte elliptica*. Cette association constitue un ensemble d'espèces influencées principalement par la profondeur et ayant une préférence marquée pour les secteurs au-dessus de 40 mètres. Par exemple, la station 3 (profondeur 46 m) est la seule où aucun taxon du groupe n'a été retrouvé. C'est aussi celle qui possède les plus faibles pourcentages de particules fines et de matière organique. Bien que la profondeur semble jouer un rôle important comme facteur de distribution pour ce groupe, il est probable que d'autres paramètres de l'environnement, qui n'ont pas été mesurés, soient déterminants. En effet, Perkins (1974) considère *Terebellides stroemi* et *Scoloplos armiger* comme deux espèces d'eaux relativement profondes et gagnant en densité dans les secteurs à forte salinité, bien que cette dernière espèce soit tolérante à des salinités aussi faibles que 7-8 ‰. Sur la base des informations disponibles, il est donc difficile de comprendre l'exclusion presque totale de ces taxons dans la strate 1 qui est la plus profonde (40-45 m).

Le groupe 3 présente une distribution très différente des deux premières associations. On note la concentration de *Ophiura sp.* et de *Trochochaeta sp.* à l'intérieur de la strate 2, ainsi que l'absence des autres taxons au même endroit. *Ophiura sp.* et *Trochochaeta sp.* sont considérés comme des habitants de substrat sablo/vaseux variant en texture de solide à mou (Perkins,1974). Les nématodes et les némertes, qui font partie du meiobenthos (<1mm), sont malgré tout inclus ici puisqu'un nombre appréciable de ces organismes ont été retrouvés dans nos échantillons. Cependant, nous avons utilisé un tamis de maillage 950 microns pour la séparation des organismes et des sédiments et il est fort possible que la majeure partie des individus représentant ces taxons ait été perdue pendant le nettoyage. La présence de quantités de nématodes et de némertes à certaines stations n'est peut-être qu'un artefact causé par des amas d'argiles difficile à nettoyer et qui ont été formolés avec la récolte. De plus, ces taxons n'ont pas été identifiés à l'espèce parce que cela excédait le cadre de notre étude.

A la lumière de ces observations, et en consultant les scores correspondant aux représentations graphiques des figures 2 à 4, il appert que la coordonnée principale 1 serait fortement liée soit à la fraction fine du sédiment, soit au pourcentage de matière organique, ou à une combinaison de ces deux facteurs. La coordonnée principale 2 reste pour l'instant difficile à identifier. Quant à la troisième coordonnée, il semble qu'elle soit en relation directe avec la profondeur.

Site de Kamouraska : analyse générale du site

Pour l'analyse globale du site, nous avons utilisé les caractéristiques physiques mesurés (profondeur et fraction fine du sédiment) et les paramètres biologiques de diversité et d'abondance. La densité des organismes est mise de côté pour éviter les problèmes mentionnés plus haut et le pourcentage de matière organique est également exclus à cause de la similitude de distri-bution avec les sédiments fins.

La caractéristique principale de l'histogramme d'abondance des espèces de Kamouraska (figure 10) est sa concordance avec la forme de la courbe de la distribution des particules fines. Une étude de Hugues *et al.* (1972) a conduit à la conclusion que les caractéristiques des sédiments expliquaient 46% de la variance de distribution des espèces benthiques dans la baie Ste. Margaret, Nouvelle Écosse. Cassie (1972) a également souligné l'importance de ce facteur lors de ces études des communautés benthiques en Nouvelle Zélande. La concordance avec la courbe de distribution de la matière organique est moindre, bien que particules fines et matière organiques soient distribuées de façon semblable (figure 9). Cependant, on a une vision plus adéquate de la situation, en consultant la figure 11 qui illustre l'abondance des trois phyla les plus importants, en terme de nombre d'espèces. Les

polychètes prédominent partout et le nombre de taxons suit assez fidèlement la courbe de la nature des sédiments. Pour les crustacés, c'est leur faible représentation dans le secteur peu profond (stations 11-15) qui est caractéristique, alors que le nombre de taxons de mollusques est assez constant. Nous verrons dans les analyses suivantes l'importance des facteurs physiques sur les descripteurs biologiques.

Analyses discriminante et factorielle Les buts des analyses statistiques décrites dans cette section sont d'identifier, parmi les paramètres connus, celui ou ceux responsables de la plus grande partie de la variance, ainsi que de vérifier si la stratification appliquée à l'échantillonnage reflète la réalité du site pour des paramètres autres que la profondeur.

Le tableau 3 résume les valeurs des variables profondeur, fraction fine, abondance, diversité et strate utilisées pour les analyses. La variable strate doit être exclue de l'analyse factorielle à cause de sa trop forte colinéarité avec la profondeur mais peut toutefois être utilisée comme variable dépendante dans l'analyse discriminante. Bien que les données de pourcentage de matière organique soient disponibles, nous ne les avons pas retenues pour l'analyse discriminante puisque le lien avec le pourcentage de la fraction fine est évident.

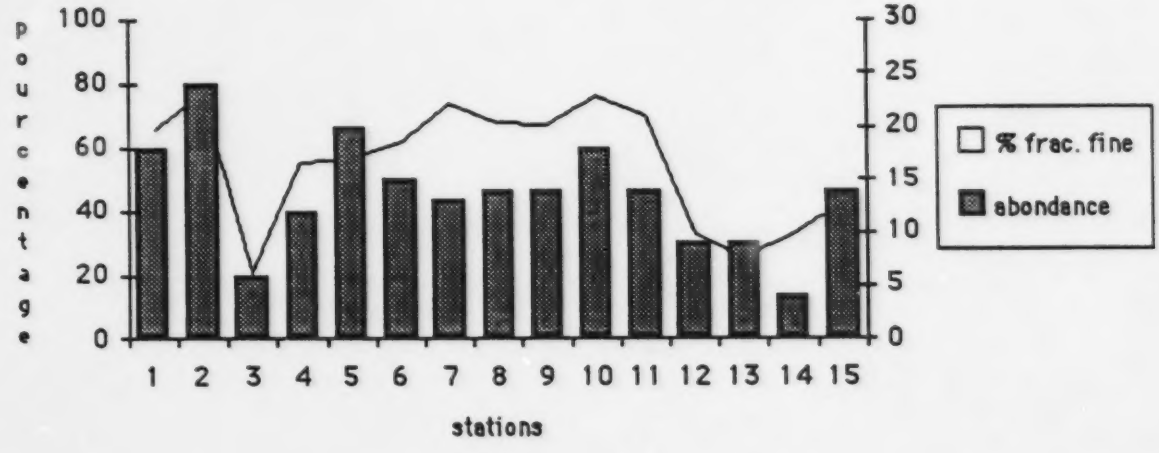


FIGURE 10. Abondance totale selon les stations - site de Kamouraska.

note: Les profondeurs varient de 45 à 48 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 29 à 35 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 18 à 23 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3). L'axe des ordonnées à droite du graphique représente le nombre d'espèces.

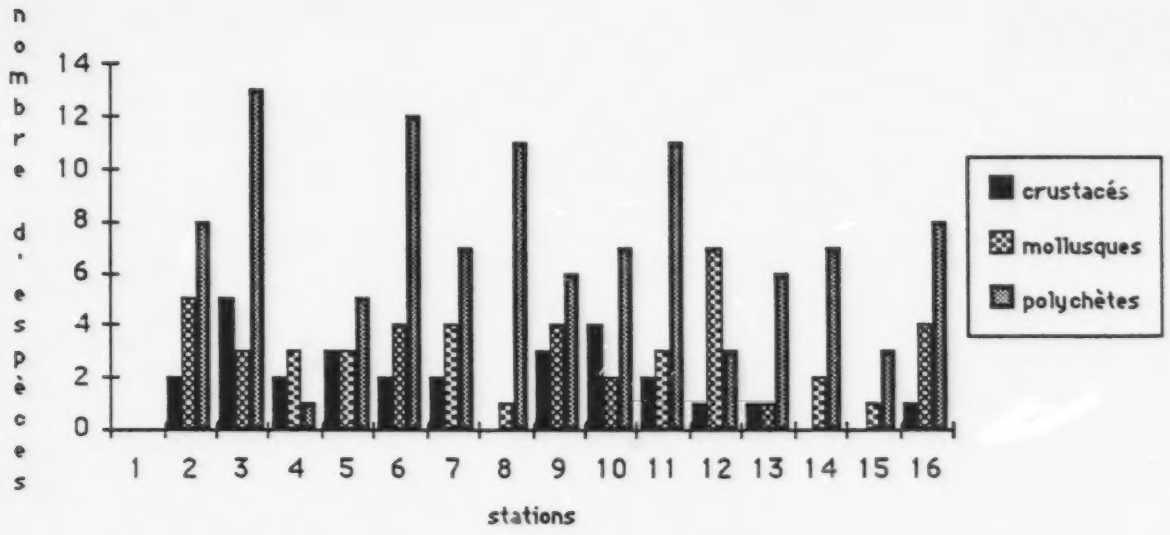


FIGURE 11. Abondance des principaux phyla selon les stations - site de Kamouraska.

note: Les profondeurs varient de 45 à 48 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 29 à 35 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 18 à 23 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

TABLEAU 3. Données relatives aux variables utilisées dans les analyses factorielle et discriminante pour le site de Kamouraska.

station	profondeur (±0.3 m)	fraction fine (%)	abondance (nb espèces)	diversité (indice H')	strate
K1	46.6	65.52	18	3.805	1
K2	44.4	77.25	24	3.126	1
K3	45.9	20.26	6	2.058	1
K4	47.5	55.69	12	3.549	1
K5	45.4	56.83	20	3.575	1
K6	31.8	62.22	15	1.359	2
K7	34.5	73.78	13	1.065	2
K8	31.7	67.64	14	3.079	2
K9	30.4	67.38	14	3.199	2
K10	29.8	75.92	18	2.154	2
K11	21.9	70.57	14	2.089	3
K12	19.0	33.25	9	1.885	3
K13	19.4	25.63	9	2.401	3
K14	19.0	32.79	4	1.750	3
K15	20.5	42.77	14	2.328	3

TABLEAU 4. Test univariés et multivariés pour l'effet de strate (site de Kamouraska).

TESTS UNIVARIÉS (F) :

VARIABLE	SC	dl	CM	F	p
profondeur	1695.808	2	847.904	409.023	0.000
erreur	24.876	12	2.073		
fraction fine	2014.437	2	1007.218	3.803	0.053
erreur	3178.011	12	264.834		
abondance	100.800	2	50.400	2.124	0.162
erreur	284.800	12	23.733		
diversité	3.989	2	1.994	3.982	0.047
erreur	6.011	12	0.501		

TESTS MULTIVARIÉS :

WILKS' LAMBDA = 0.004			
	F = 32.131	dl = 8, 18	p = 0.00
PILLAI TRACE = 1.493			
	F = 7.371	dl = 8, 20	p = 0.00
HOTELLING-LAWLEY TRACE = 116.271			
	F = 116.271	dl = 8, 16	p = 0.00

Le tableau 4 résume les informations fournies par l'analyse de variance. La vérification des critères d'application a d'abord été réalisée et aucune violation importante de la normalité, où d'une autre assomption, n'a été décelée. On remarque que les trois tests multivariés sont significatifs: le lambda de Wilks est le test le plus largement utilisé, mais le test de Pillai est plus robuste aux écarts de normalité. Du côté des tests univariés, il s'avère que les variables indépendantes "fraction fine" et "abondance" ne sont pas significative pour la distinction des strates (alpha=.05). Cependant, l'analyse discriminante nous fournit deux fonctions, dont la première est dominée par la variable "profon-deur" et la seconde par la fraction fine. Nous en déduisons que cette dernière variable, bien qu'insuffisante à elle seule pour distinguer les strates, n'en reste pas moins un facteur déterminant lorsque considéré au sein d'une multivariable.

L'analyse factorielle vient renforcer notre intuition de l'importance de la fraction fine comme variable du milieu. En effectuant les opérations avec toutes les variables (sauf les strates) et deux facteurs, nous obtenons les racines latentes (eigenvalues en anglais) les plus élevées pour les variables "profondeur" et "fraction fine" (2.400 et 0.977 respectivement). Les pourcentages de la variance expliquée par ces deux facteurs sont de 43.59% et 40.841% après une rotation varimax. La consultation des poids respectifs des variables, après rotation, permet de définir le facteur 1 comme étant relié à la fraction fine et l'abondance, alors que le facteur 2 se défini en fonction de la profondeur et de la diversité.

Site de l'Ile-aux-Fraises: ordination en espace réduit

La figure 12 illustre les groupements tels que définis par le dendrogramme à liens complets. Sur les 117 taxons identifiés au site de Ile-aux-Fraises, seulement 48 ont été conservées pour les analyses de groupements. Les autres étaient soit trop rares (présents en moins de trois stations sur 15) soit trop abondants (présents à plus de 13 stations sur 15). Les espèces sont désignées par des numéros correspondant au tableau 5.

La méthode des coordonnées principales, en combinaison avec le dendrogramme à liens complets, permet l'identification de quatre associations d'espèces différentes ainsi définies:

Groupe 1 (9 taxons):
18. *Ophiura sarsi*
23. *Nuculana tenuisulcata*
31. *Macoma calcarea*
45. *Chone* sp.
47. *Eteone longa*
51. *Harmothoe fragilis*
55. *Laonice cirrata*
62. *Nicomache lumbricalis*
75. Terebellidae (famille)

Groupe 2 (8 taxons):
29. *Astarte montagui*
53. *Jasmineira elegans*
57. *Lumbrineris fragilis*
67. *Potamilla neglecta*
69. *Praxillura longissima*
71. *Rhodine sp.*
77. NEMERTEA (embranchement)
79. SIPUNCULIDA (embranchement)

Groupe 3 (6 taxons):
28. *Astarte elliptica*
37. *Admete couthouyi*
52. *Harmothoe imbricata*
54. *Lanassa venusta*
60. *Melina elizabethae*
70. *Proclea graffi*

Groupe 4 (8 taxons):
5. *Photis reinhardi*
13. *Pentamera calcigera*
15. *Stegophiura nodosa*
16. *Ophiura* sp.
39. *Ampharete acutifrons*
44. *Chone duneri*
61. *Nephtys ciliata*
63. *Owenia fusiformis*

Les figures 13, 14 et 15 illustrent les projections des espèces du site de l'Ile-aux-Fraises dans les nouveaux espaces où elles sont représentées par leur numéro correspondant. Les associations sont plus clairement visibles dans les deux premières dimensions puisque celles-ci ont un plus grand pouvoir discriminant.

TABLEAU 5. Taxons utilisés pour les analyses de groupement et d'ordiantion pour le site de l'Ile-aux-Fraises.

1. Halacaridae (famille)	29. *Astarte montagui*	56. *Laphania boecki*
3. *Byblis gaimardi*	31. *Macoma calcarea*	57. *Lumbrineris fragilis*
5. *Photis reinhardi*	36. *Trichotropis borealis*	60. *Melina elizabethae*
6. *Ischirocerus latipes*	37. *Admete couthouyi*	61. *Nephtys ciliata*
8. *Oediceros borealis*	39. *Ampharete acutifrons*	62. *Nicomache lumbricalis*
9. *Phoxocephalus holbolli*	40. *Ampharete baltica*	63. *Owenia fusiformis*
13. *Pentamera calcigera*	41. *Ampharete* sp.	67. *Potamilla neglecta*
15. *Stegophiura nodosa*	42. *Axionice maculata*	69. *Praxillura longissima*
16. *Ophiura* sp.	44. *Chone duneri*	70. *Proclea graffi*
17. *Ophiura robusta*	45. *Chone* sp.	71. *Rhodine* sp.
18. *Ophiura sarsi*	47. *Eteone longa*	72. *Scoloplos armiger*
21. *Musculus discors*	51. *Harmothoe fragilis*	75. Terebellidae (famille)
23. *Nuculana tenuisulcata*	52. *Harmothoe imbricata*	76. *Terebellides stroemi*
24. *Nucula tenuis*	53. *Jasminiera elegans*	77. NEMERTEA (emb)
26. *Lyonsia arenosa*	54. *Lanassa venusta*	78. PRIAPULIDA (emb)
28. *Astarte elliptica*	55. *Laonice cirrata*	79. SIPUNCULIDA (emb)

note: Dans les figures, les taxons sont identifiés par le nombre qui les précède.

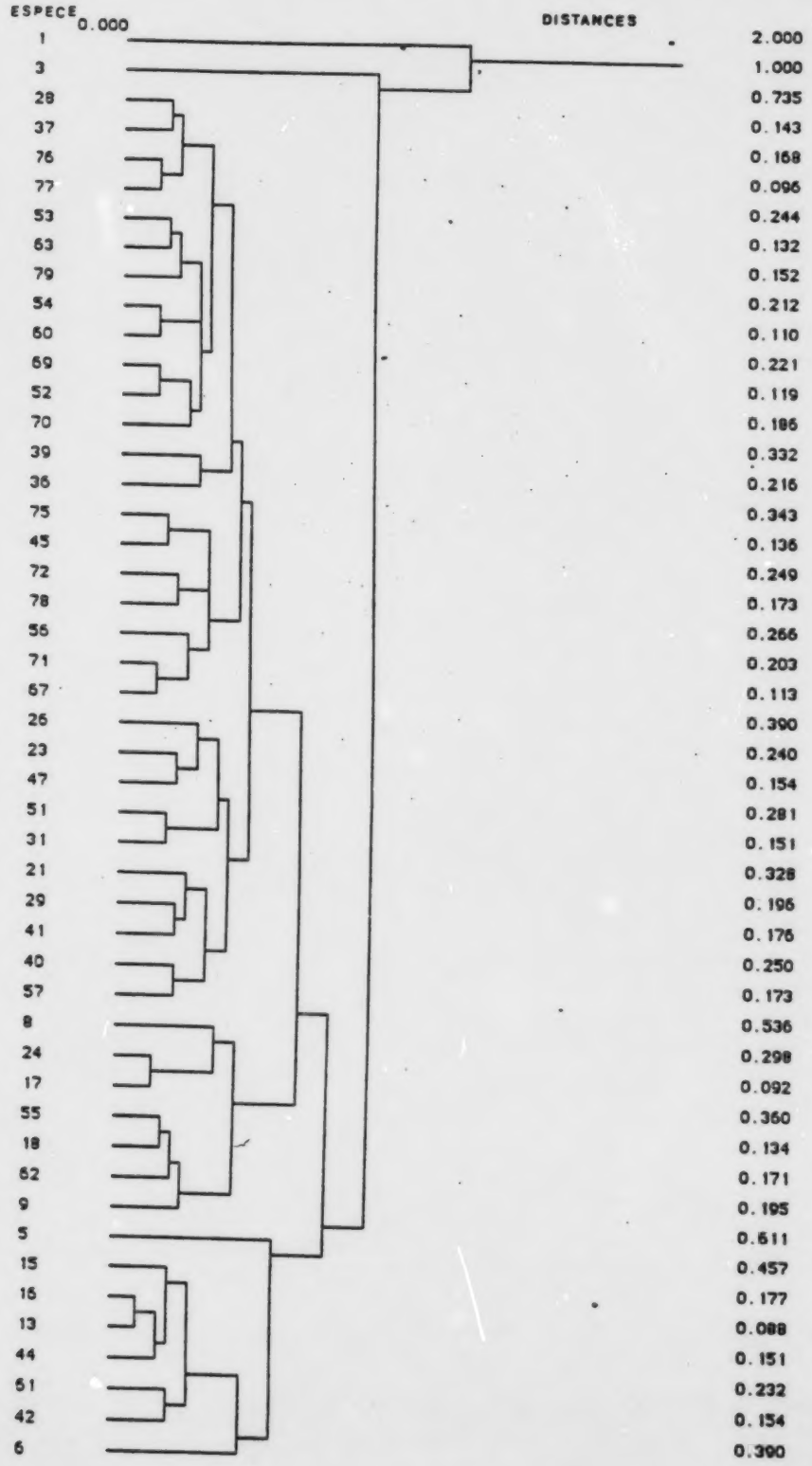


FIGURE 12. Dendrogramme de groupement à liens complets pour le site de l'Ile-aux-Fraises.

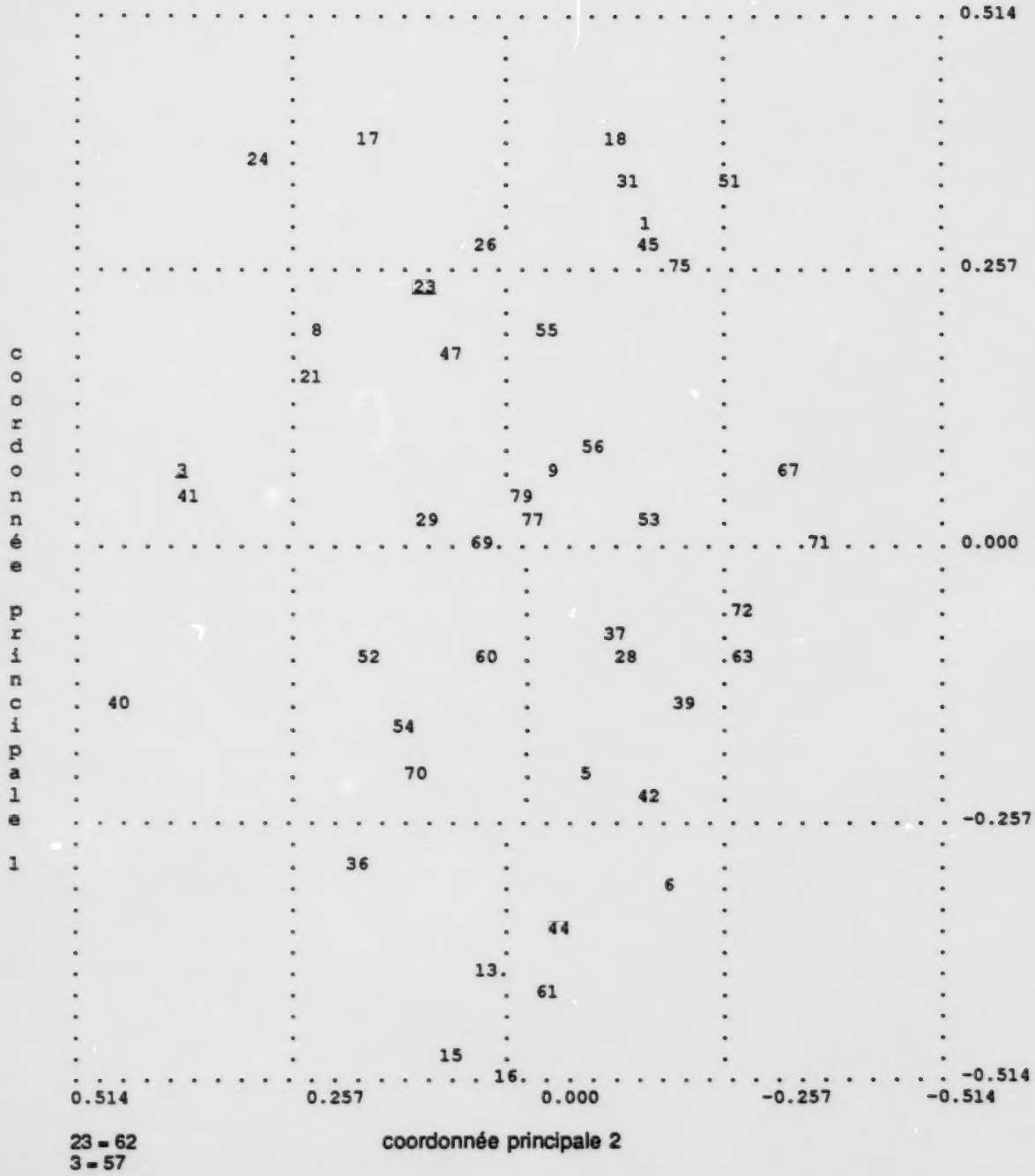


FIGURE 13. Distribution spatiale des taxons au site de l'Ile-aux-fraises en fonction des coordonnées principales 1 et 2.

note: Les nombres correspondent aux taxons du tableau 5. Les nombres soulignés représentent des positions occupées par plus d'un taxon.

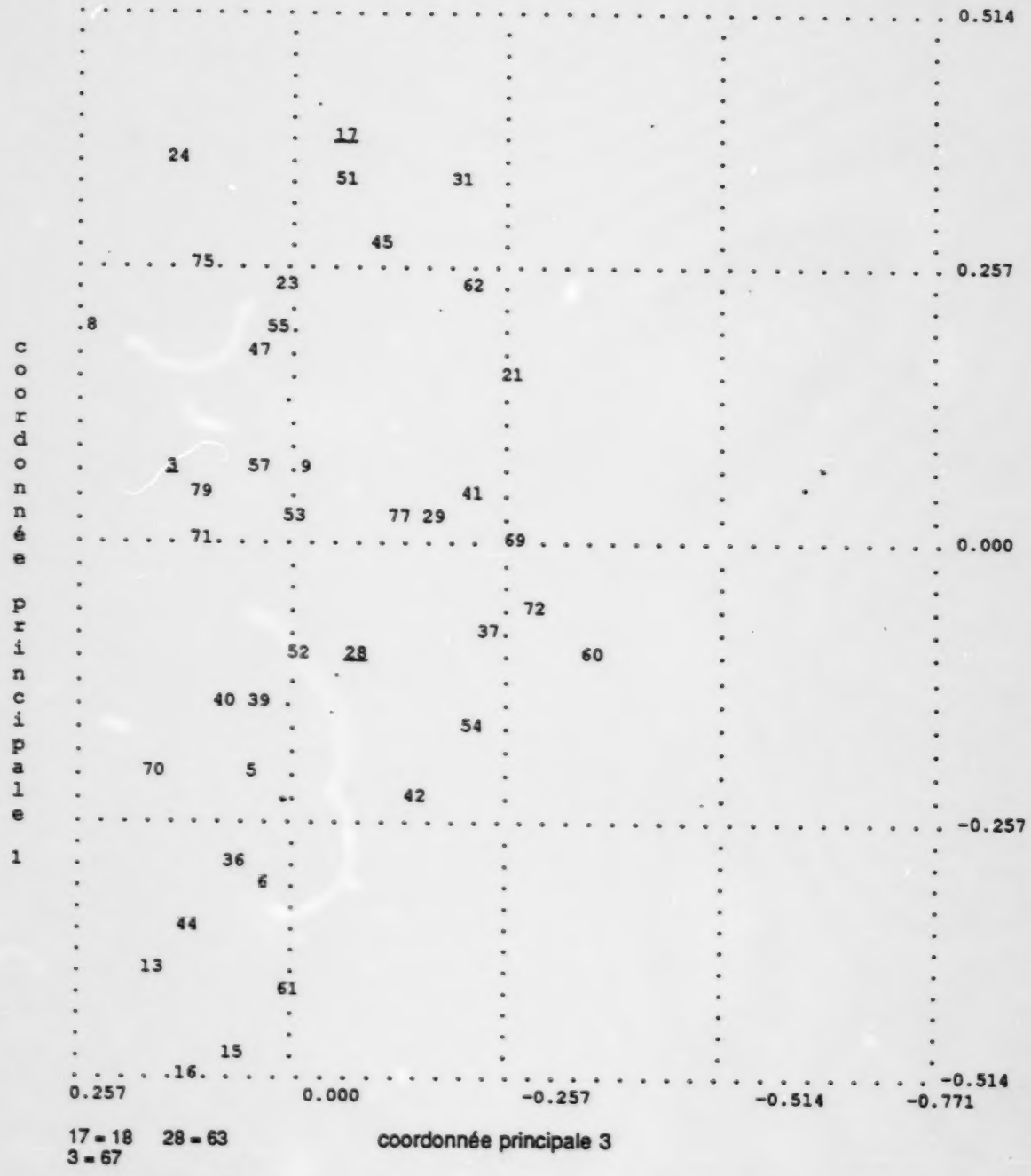


FIGURE 14. Distribution spatiale des taxons au site de l'Ile-aux-fraises en fonction des coordonnées principales 1 et 3.

note: Les nombres correspondent aux taxons du tableau 5. Les nombres soulignés représentent des positions occupées par plus d'un taxon. Les numéros 1, 26 et 56 sont exclus à cause de leurs positions éloignées.

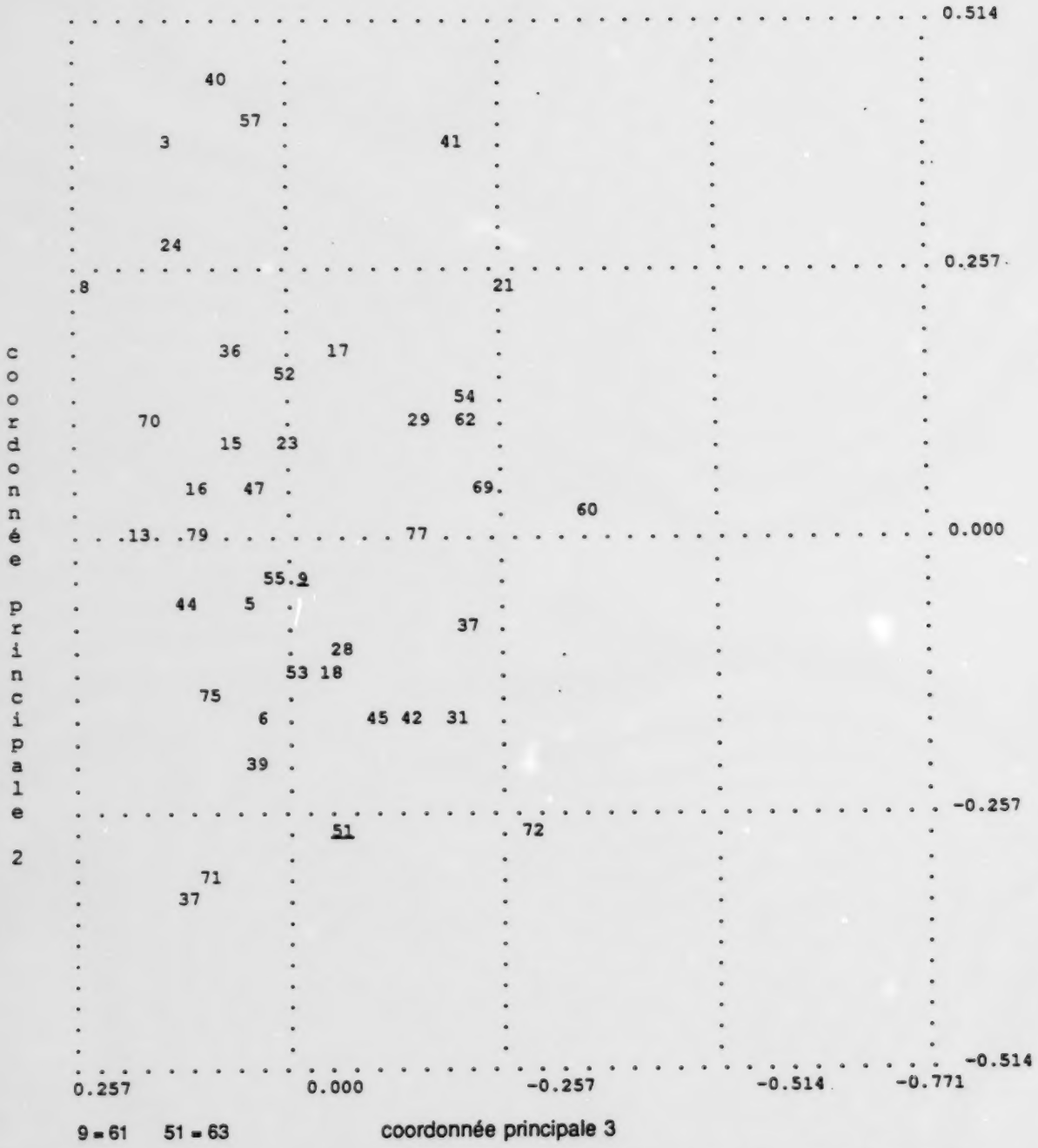


FIGURE 15. Distribution spatiale des taxons au site de l'Ile-aux-fraises en fonction des coordonnées principales 2 et 3.

note: Les nombres correspondent aux taxons du tableau 5. Les nombres soulignés représentent des positions occupées par plus d'un taxon. Les numéros 1, 26 et 56 sont exclus à cause de leurs positions éloignées.

Site de l'Ile-aux-Fraises : groupements vs milieu physique

Les histogrammes fournis aux figures 16 à 19 permettent de mieux cerner la distribution caractéristique des espèces de chaque groupe. Les histogrammes ont été bâtis à partir des données de fréquence relative, ce qui revient au même que les histogrammes du site de Kamouraska qui étaient fait à partir des valeurs de densité. Les précautions qu'en à l'interprétation sont identiques: les valeurs élevées de fréquence relative peuvent être le résultat d'agglomérats présents à certaines stations d'échantillonnage et par conséquent, on ne doit s'attarder qu'à la distribution générale sur l'ensemble du site ou des strates. Nous avons également inclus les distributions des pourcentages de la fraction fine (figure 20) et de matière organique des sédiments (figure 21) puisque ces paramètres sont souvent utiles pour expliquer la dispersion des organismes benthiques.

Si on observe l'histogramme de distribution du groupe 1 (figure 19) du site de l'Ile-aux-Fraises, on constate l'influence de la profondeur sur les organismes de cette association: il semble que les grandes profondeurs soient préférées de façon marquée. La station 11 apparait comme la limite de distribution qui n'est excédée que par l'espèce de polychète *Laonice cirrata*. Ce groupe inclus *Ophiura sarsi* qui est connue pour être une espèce des eaux profondes. *Macoma calcarea* est ici associée aux espèces des profondeurs bien que ce mollusque se rencontre habituellement en eau peu profonde (Perkins, 1974). D'autres phénomènes physiques, comme la sédimentologie ou le jeux des marées, peuvent être responsables de cet écart. Il arrive d'ailleurs que des populations de mollusques soient déplacées par des courants. Les individus de l'espèce *Macoma calcarea*, qui sont ici de petite taille, proviennent possiblement du plateau environnant la fosse où ils auraient été entraînés par les courants puissants dans ce secteur. Aussi, les méthodes d'ordinations possèdent une contrainte importante: elles associent une espèce donnée à une seule association alors que certaines espèces ont des affinités avec plus d'un type de communautés benthiques (Cassie, 1972). L'espèce est incluse dans la communauté pour laquelle les liens sont plus étroits, mais les affinités de la même espèce pour les autres groupements restent ignorées.

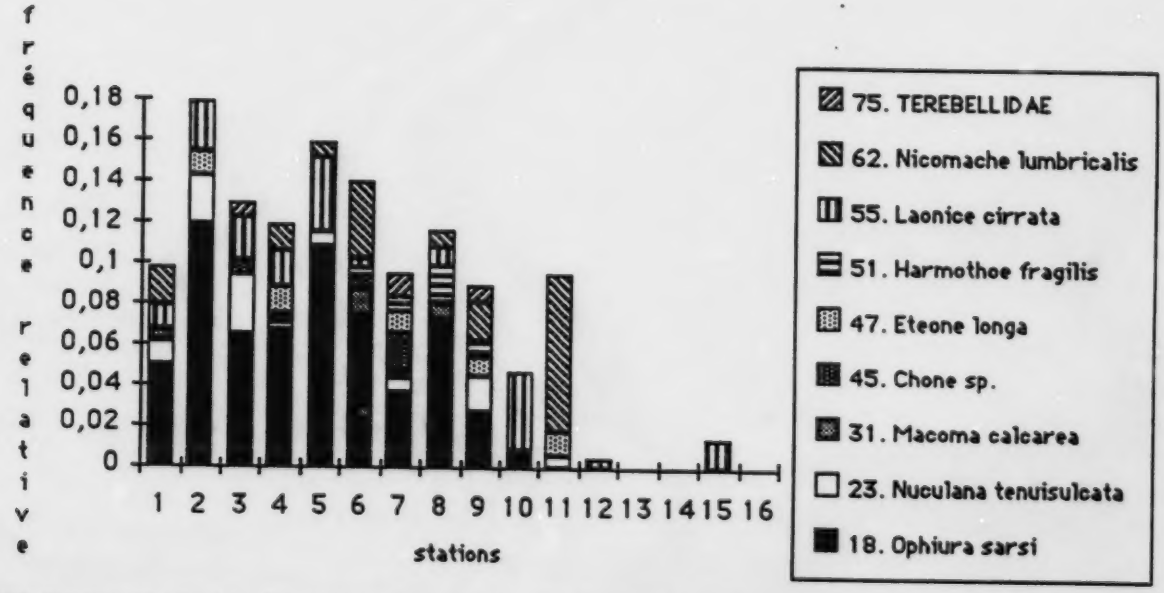


FIGURE 16. Distribution des taxons du groupe 1 - site de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les profondeurs varient de 78 à 89 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 47 à 58 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 32 à 36 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

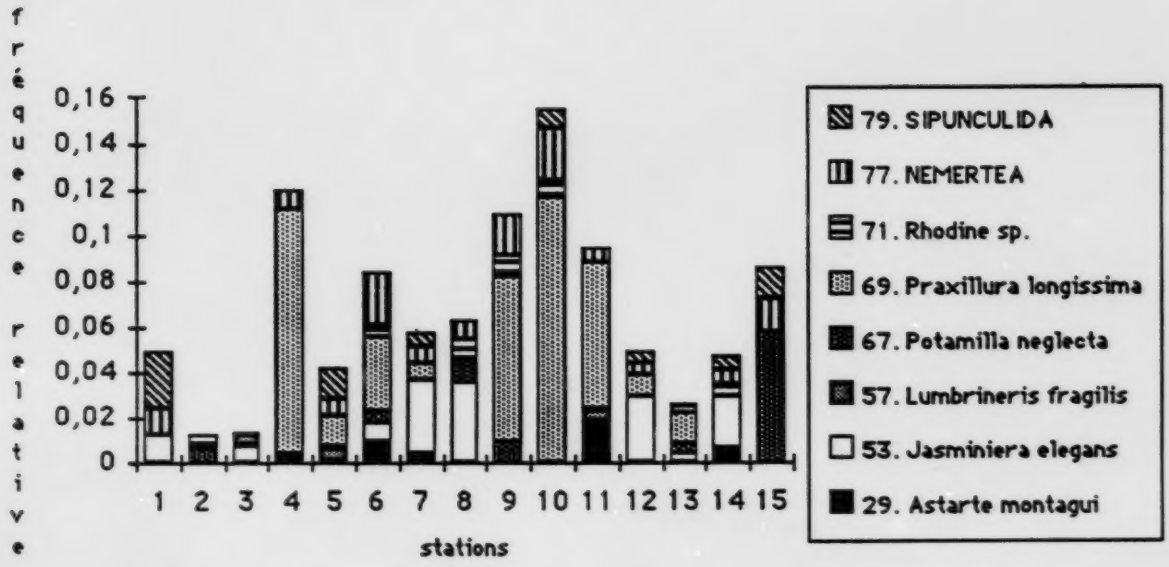


FIGURE 17. Distribution des taxons du groupe 2 - site de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les profondeurs varient de 78 à 89 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 47 à 58 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 32 à 36 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

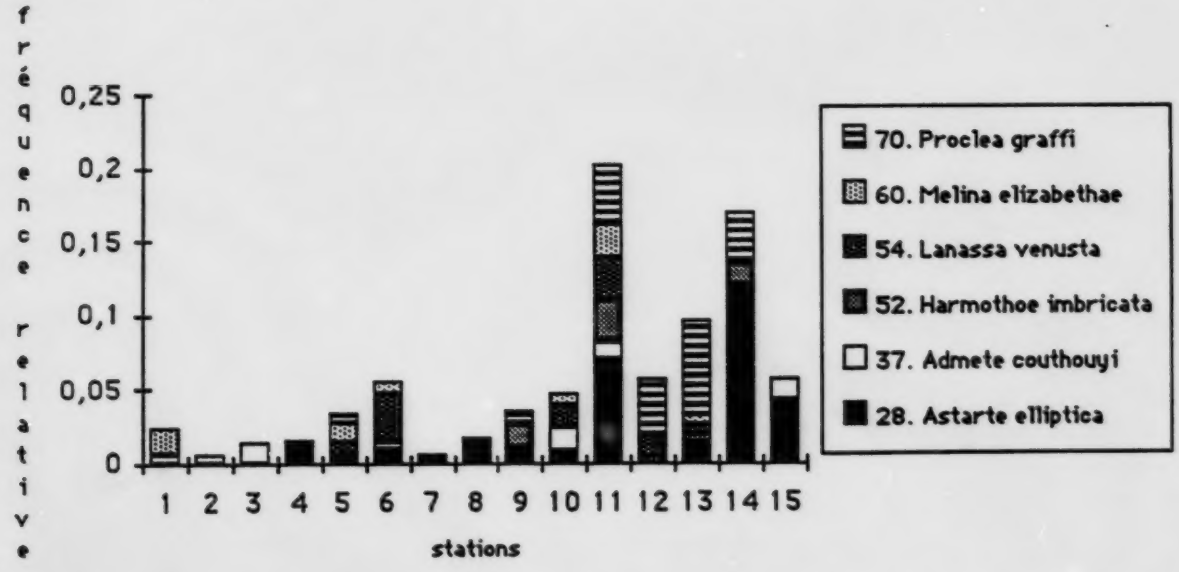


FIGURE 18. Distribution des taxons du groupe 3 - site de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les profondeurs varient de 78 à 89 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 47 à 58 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 32 à 36 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

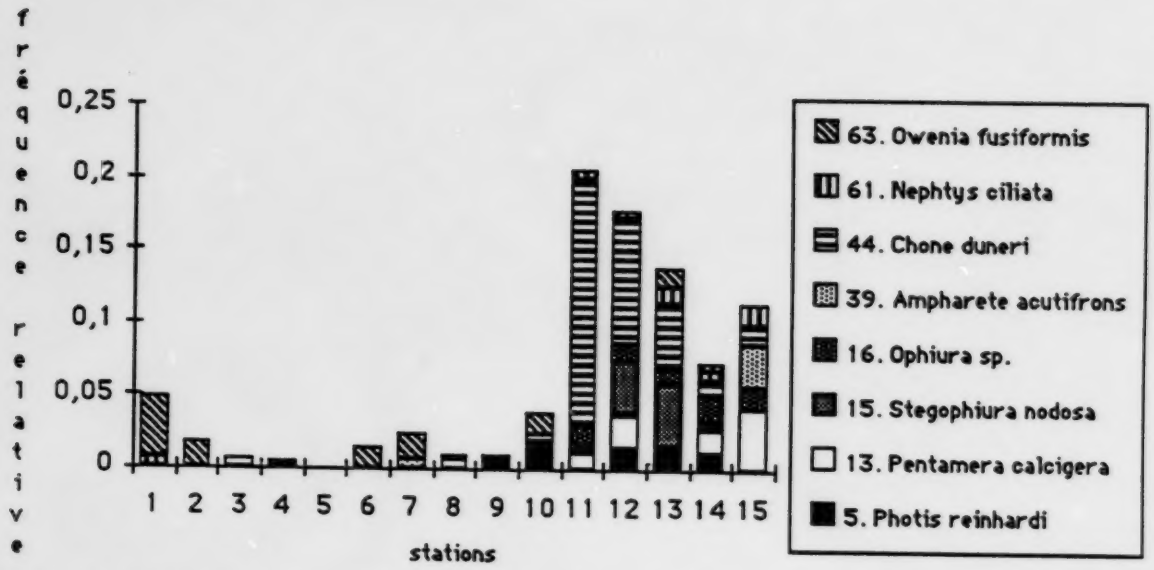


FIGURE 19. Distribution des taxons du groupe 4 - site de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les profondeurs varient de 78 à 89 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 47 à 58 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 32 à 36 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

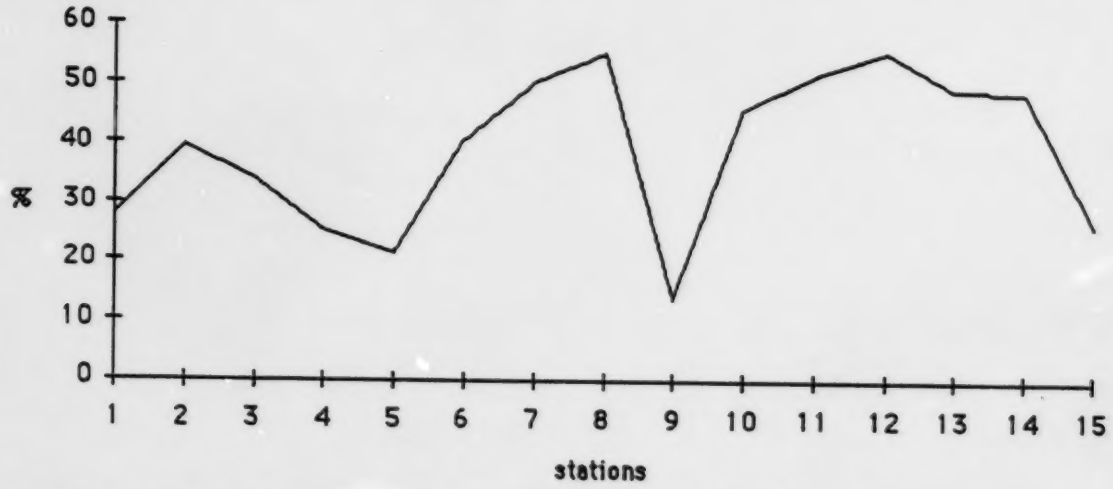


FIGURE 20. Répartition du pourcentage de sédiments fins (<45µm) - site de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les profondeurs varient de 78 à 89 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 47 à 58 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 32 à 36 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

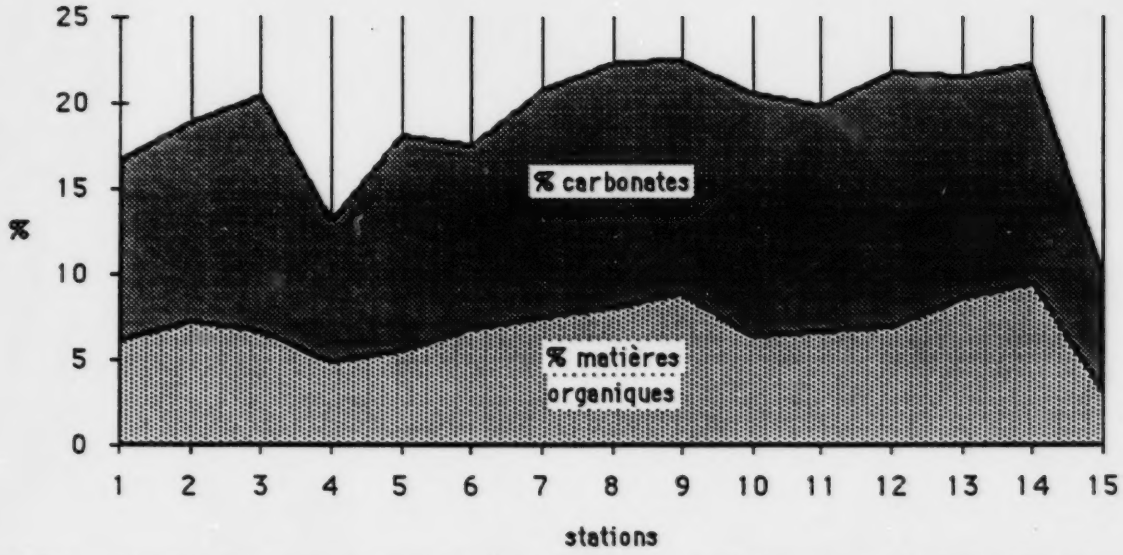


FIGURE 21. Répartition du pourcentage de matière organique et de carbonates - site de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les profondeurs varient de 78 à 89 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 47 à 58 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 32 à 36 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

Les variables du milieu qui influencent la distribution du groupe 2 sont difficiles à cerner avec les informations disponibles. La seule tendance qui semble émergée de l'histogramme de la figure 20 est une plus grande abondance de taxons et d'organismes dans la strate no2 qui est celle des profondeurs intermédiaires du site (47 à 58 m). Cependant, l'occurrence des espèces sur l'ensemble du site nous laisse supposer qu'il s'agit en grande partie d'un groupe qui possède une tolérance à un large éventail de milieux. Aucun rapprochement n'a pu être fait avec les distributions de particules fines et de matière organique. Il est parfois difficile d'établir des séparations précises dans le changement des communautés puisque la transition d'un type de milieu à un autre n'est pas nécessairement abrupte mais plus souvent graduelle et inclue des zones de transition.

Contrairement au groupe 1 qui affectionnait les grandes profondeurs, le groupe 3 témoigne d'une préférence pour la strate la moins profonde (32 à 36 m). Bien que plusieurs de ses membres se retrouvent dans des profondeurs plus importantes, leurs fréquences sont toutefois grandement diminuées (figure 18). Le groupe 4 possède une distribution similaire au groupe 3, mais il est plus exclusif aux faibles profondeurs échantillonnées. En fait, les écarts de distribution sont principalement dûs au polychète *Owenia fusiformis*, à l'amphipode *Photis reinhardi* et à l'holoturie *Pentamera calcigera*. En général, les espèces du groupe 4 semblent donc moins tolérantes aux grandes profondeurs que ne le sont les espèces du groupe 3. Le groupe 4 inclus d'ailleurs une espèce du genre Nephtys qui, selon Perkins (1974), est peu tolérant aux changements importants de salinité et de température et préfère les profondeurs intermédiaires.

Compte tenu des observations faites à partir des histogrammes de distribution des groupes et des scores des coordonnées principales, il parait évident que la coordonnée principale 1, celle qui a le plus grand pouvoir discriminant, est fortement reliée à la profondeur. Les coordonnées 2 et 3 sont par contre beaucoup plus difficiles à caractériser. En effet, aucun des groupes identifiés ne semblent affecté de façon importante par le pourcentage de particules fines et ou de matière

organique, comme cela était le cas au site de Kamouraska. L'influence de ces facteurs est probablement masquée par l'action de d'autres paramètres plus décisifs quant à la distribution des organismes. Le manque d'information sur d'autres variables du milieu aux stations échantillonnées, comme les variations de température et de salinité, nous empêchent d'émettre des hypothèses sérieu-ses sur la nature des coordonnées 2 et 3. Nous savons toutefois que la coordonnée principale 3 est celle qui domine la distribution de groupe 2 et qu'elle a également des effets sur la distribution du groupe 3.

Il faut souligné l'importance de l'hétérogénéité du site de l'Ile-aux-Fraises: la falaise, la grande profondeur et le plateau environnant doivent instaurer un système de courants particuliers avec des changements de température et de salinité importants entre la couche profonde et les eaux superficielles. Couillard (1987) mentionne que la couche d'eau intermédiaire de l'estuaire, dans le secteur de la Malbaie, peut atteindre une salinité entre 32 et 33 ‰ et des températures variant de -1 à 2°C. Le site de l'Ile-aux-Fraises est celui où nous avons trouvé le plus grand nombre d'espèces (117 contre 78 à Kamouraska et 78 à Saint-Simon). L'hétérogénéité du milieu permet sans doute à de nombreuses espèces de rencontrer les conditions propices à leur installation.

Site de l'Ile-aux-Fraises : analyse générale du site

La figure 22 illustre la distribution des trois principaux phyla: les crustacés, les mollusques et les polychètes. Les polychètes dominent partout, ce qui est normale compte tenu du substrat meuble. Les crustacés sont géréralement les moins représentés, sauf aux stations 2, 9 et 13. Même en considérant les phyla séparément, il n'est pas possible d'établir de liens avec la grosseur des particules (figure 20) ou la quantité de matière organique (figure 21) alors que ces relations étaient visibles à Kamouraska. Cependant, les analyses discriminante et factorielle nous permettent de mieux comprendre l'influence des variables considérées à l'Ile-aux-Fraises.

Analyse discriminante et factorielle Tout comme pour le site de Kamouraska, nous avons utilisé les paramètres de profondeur et de fraction fine comme variables physiques et l'abondance et la diversité comme variables biologiques. Le tableau 6 donne les valeurs utilisées pour les analyses statistiques alors que le tableau 7 résume les informations de l'analyse de variance.

L'analyse de variance confirme les hypothèses déjà émises sur l'importance respective des diverses variables: la seule variable significative pour la distinction des strates, dans les tests univariés, est la profondeur. Ce n'est que par elle que les tests multivariés sont significatifs. Une autre analyse discriminante (non présentée ici) qui excluait la profondeur confirme le pouvoir insuffisant des autres variables pour distinguer les strates. Les coefficients de corrélations canoniques pour les deux fonctions discriminantes 1 et 2 sont 0.99 et 0.31, respectivement. La première fonction est principalement liée à la profondeur et la deuxième réunie les variables biologiques d'abondance et de diversité. L'analyse factorielle à deux facteurs nous donne des résultats similaires avec 39.65% et 36.01% de la variance expliquée par les deux facteurs (après une rotation varimax) et les variables associées à chacun des facteurs sont les même que pour les fonctions discriminantes.

TABLEAU 6. Données relatives aux variables utilisées dans les analyses factorielle et discriminante.

station	profondeur (±0,3 m)	fraction fine (%)	abondance (nb espèces)	diversité (indice H')	strate
F1	84.9	28.31	14	4.002	1
F2	88.0	39.66	14	3.357	1
F3	79.6	33.76	15	2.603	1
F4	84.9	25.23	22	2.963	1
F5	79.5	21.31	21	4.219	1
F6	48.5	40.98	19	4.030	2
F7	48.0	50.42	17	2.296	2
F8	52.4	55.19	17	3.452	2
F9	57.0	13.85	15	3.657	2
F10	56.5	45.90	12	3.475	2
F11	32.8	51.60	22	4.847	3
F12	34.0	55.78	20	3.927	3
F13	32.9	49.42	18	2.621	3
F14	35.0	48.97	23	4.399	3
F15	35.7	26.20	16	4.055	3

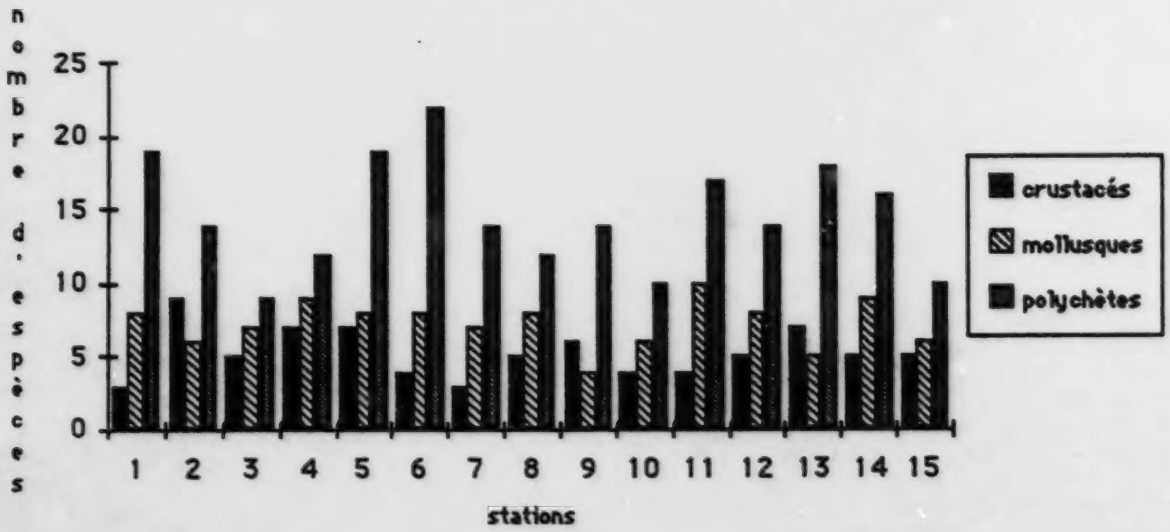


FIGURE 22. Abondance des principaux phyla selon les stations - site de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les profondeurs varient de 78 à 89 mètres entre les stations 1 et 5 (strate no 1); de 47 à 58 mètres entre les stations 6 et 10 (strate no 2); et de 32 à 36 mètres entre les stations 11 et 15 (strate no 3).

TABLEAU 7. Tests univariés et multivariés pour l'effet de strate.

TESTS UNIVARIÉS (F) :

VARIABLE	SC	dl	CM	F	p
profondeur	6206.433	2	3103.217	277.230	0.000
erreur	134.324	12	11.194		
fracfion fine	735.647	2	367.824	2.455	0.128*
erreur	1797.636	12	149.803		
abondance	34.533	2	17.267	0.504	0.616*
erreur	411.200	12	34.267		
diversité	1.067	2	0.534	1.012	0.392*
erreur	6.328	12	0.527		

TESTS MULTIVARIÉS :

WILKS' LAMBDA = 0.013
F = 17.407 DF = 8, 18 PROB = 0.00

PILLAI TRACE = 1.083
F = 2.953 DF = 8, 20 PROB = 0.02

HOTELLING-LAWLEY TRACE = 67.984
F = 67.984 DF = 8, 16 PROB = 0.00

* non significatif a alpha = .05

Site de Saint-Simon : ordination en espace réduit

La procédure de groupement d'espèces appliquée ici est la même que pour les autres sites déjà discutés. Sur les 78 espèces identifiées dans les échantillons du site de Saint-Simon, 43 ont été conservées pour les analyses de groupement. Le dendrogramme à liens complets de la figure 23 illustre les affinités des espèces entre elles. Les numéros réfère au espèces listées au tableau 8. Nous avons à nouveau utilisé les représentations en espace réduit, en plus du dendrogramme, pour identifer les associations possibles.

Nous avons identifié quatres groupes chez les taxons du site de Saint-Simon:

Groupe 1 (7 taxons):
11. *Diastylis rathkei*
26. *Astarte borealis*
29. *Astarte undata*
31. *Serripes groenlandicus*
41. *Ampharete* sp.
76. *Terebellides stroemi*
78. NEMERTEA (embranchement)

Groupe 2 (7 taxons):
4. *Protomedeia grandimana*
23. *Nucula tenuis*
42. *Anobothrus gracilis*
45. *Axionice maculata*
64. *Nephtys ciliata*
70. *Rhodine* sp.
77. *Thelepus cincinnatus*

Groupe 3 (8 taxons):
30. *Clinocardium ciliatum*
32. *Macoma balthica*
44. *Asabellides* sp.
47. *Chone duneri*
60. *Lysippe labiata*
61. *Maldane sarsi*
71. *Scalibregma inflatum*
74. *Stemaspis scutata*

Groupe 4 (7 taxons):
8. *Phoxocephalus holbolli*
27. *Astarte elliptica*
33. *Tellina agilis*
52. *Harmothoe imbricata*
54. *Laonice cirrata*
62. Maldanidae (famille)
72. *Scoloplos armiger*

Les figures 24 à 26 illustrent les positions des 43 taxons conservés pour les analyses de groupement. Contrairement aux deux autres sites étudiés, le site de Saint-Simon ne possède pas de stratification en fonction de la profondeur à cause de l'uniformité du milieu. Les distributions des espèces de chaque groupe sont plus erratiques et plus difficiles à interpréter. Les observations effectuées en plongée sous-marine, lors de l'inspection du site préalable aux travaux d'échantillonnage, nous a permis de constater qu'un banc d'ophiures couvrait le substrat du site sur toute la distance parcourue et visible par les plongeurs. La densité des ophiures était telle que les individus se trouvaient accolés bras contre bras. Lors de l'échantillonnage à la benne dans le même secteur et immédiatement après la plongée, peu d'ophiures ont été capturés (7 *Ophiacantha bidentata* et 15 *Ophiura sarsi* dans les 14 stations). L'explication la plus plausible est que le déplacement d'eau à la surface du sédiment causé par l'arrivée de l'engin a chassé la majeure partie des ophiures de la surface échantillonnée. En effet, bien que la benne Van Veen employée soit dotée d'ouvertures grillagées dans le haut pour réduire l'effet de poussée, il n'en reste pas moins un déplacement des sédiments superficiels (Holme and McIntyre, 1984). Un tel banc d'ophiure peut significativement influencer la structure des communautés benthiques lors de son passage et par conséquent, donner une image ponctuelle biaisée de la structure des populations en certaines stations du site de Saint-Simon.

Site de Saint-Simon : groupements vs milieu physique

Les figures 27 à 30 illustrent les distributions des associations d'espèces identifiées à partir des méthodes d'ordination décrites ci-haut. Dans le groupe 1, les némertes doivent être considéré avec prudence car cet embranchement fait parti du méiobenthos qui n'est pas considéré dans notre étude. Les individus rencontrés proviennent sans doute d'amas de vase qui n'ont pu être nettoyés avant la conservation des échantillons. Pour les autres espèces de cette association, il n'y pas d'influence évidente de la distance de la côte, ainsi que des pourcentage de particules fines et de matière organique (figure 31). Il conviendrait de qualifier ce groupe comme réunissant des espèces communes aux estuaires, ayant peu de contraintes au niveau de la grosseur des sédiments et de la richesse en matière organique. Perkins (1974) nous renseigne toutefois sur *Diastylis rathkei* et *Terrebellides stroemi* : ce sont des espèces qui habitent les fonds de vase sableuse et qui gagnent en densité dans les estuaires au fur et à mesure que la salinité augmente.

TABLEAU 8. Liste des taxons utilisés pour les analyses de groupement et d'ordination su site de Saint-Simon.

2. *Haploops tubicola*
4. *Protomedeia grandimana*
5. *Protomedeia stephenseni*
8. *Phoxocephalus holbolli*
11. *Diastylis rathkei*
15. *Pentamera calcigera*
16. *Ophiacantha bidentata*
17. *Ophiura sarsi*
19. *Musculus niger*
21. *Nuculana pernula*
23. *Nucula tenuis*
26. *Astarte borealis*
27. *Astarte elliptica*
28. *Astarte subequilatera*
29. *Astarte undata*
30. *Clinocardium ciliatum*
31. *Serripes groenlandicus*
32. *Macoma balthica*
33. *Tellina agilis*
39. *Admete couthouyi*
41. *Ampharete* sp.
42. *Anobothrus gracilis*
44. *Asabellides* sp.
45. *Axionice maculata*
46. *Brada* sp.
47. *Chone duneri*
48. *Eteone longa*
50. *Goniada maculata*
52. *Harmothoe imbricata*
54. *Laonice cirrata*
55. *Laphania boecki*
60. *Lysippe labiata*
61. *Maldane sarsi*
62. Maldanidae (famille)
63. *Melina elizabethae*
64. *Nephtys ciliata*
70. *Rhodine* sp.
71. *Scalibregma inflatum*
72. *Scoloplos armiger*
74. *Sternaspis scutata*
76. *Terebellides stroemi*
77. *Thelepus cincinnatus*
78. NEMERTEA (emb)

note: Dans les figures, les taxons sont identifiés par le nombre qui les précède.

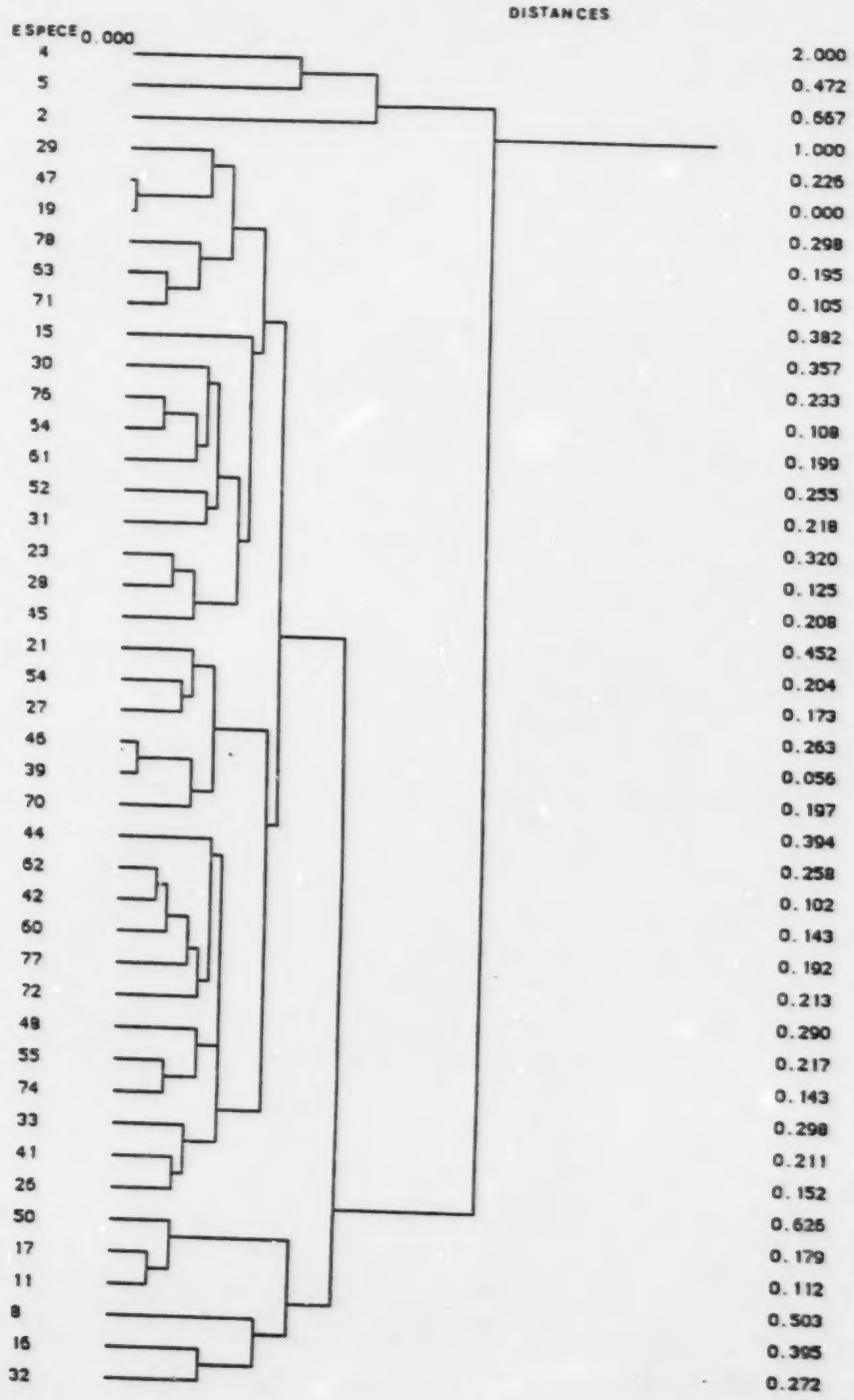


FIGURE 23. Dendrogramme de groupement à liens complets (distance euclidienne) pour les taxons du site de Saint-Simon.

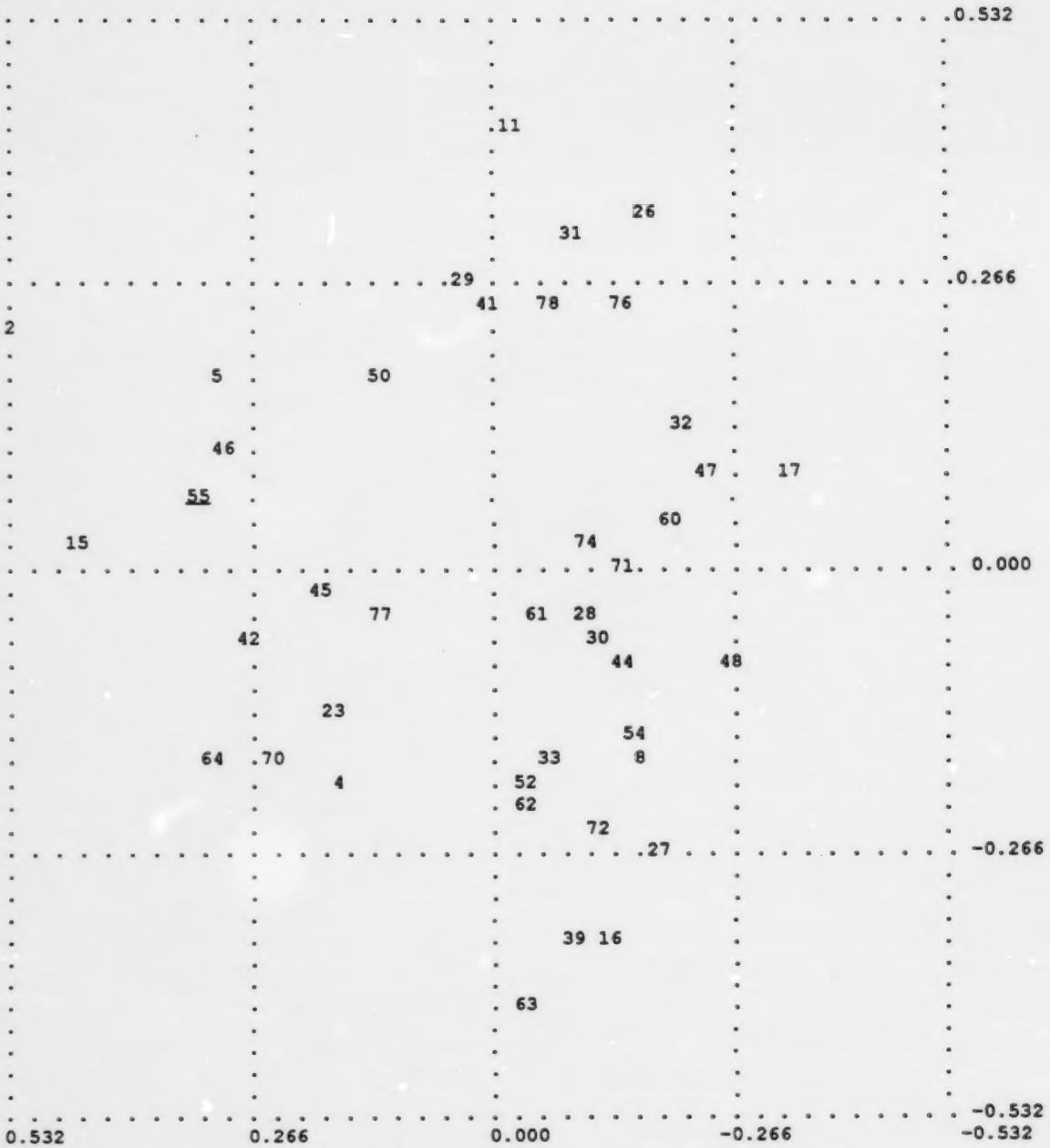


FIGURE 24. Distribution spatiale des taxons au site de Saint-Simon en fonction des coordonnées principales 1 et 2.

note: Les nombres correspondent aux espèces du tableau 8. Les nombres soulignés occupent des positions communes à plus d'un taxon. Le taxon19 est exclu à cause de sa position éloignée.

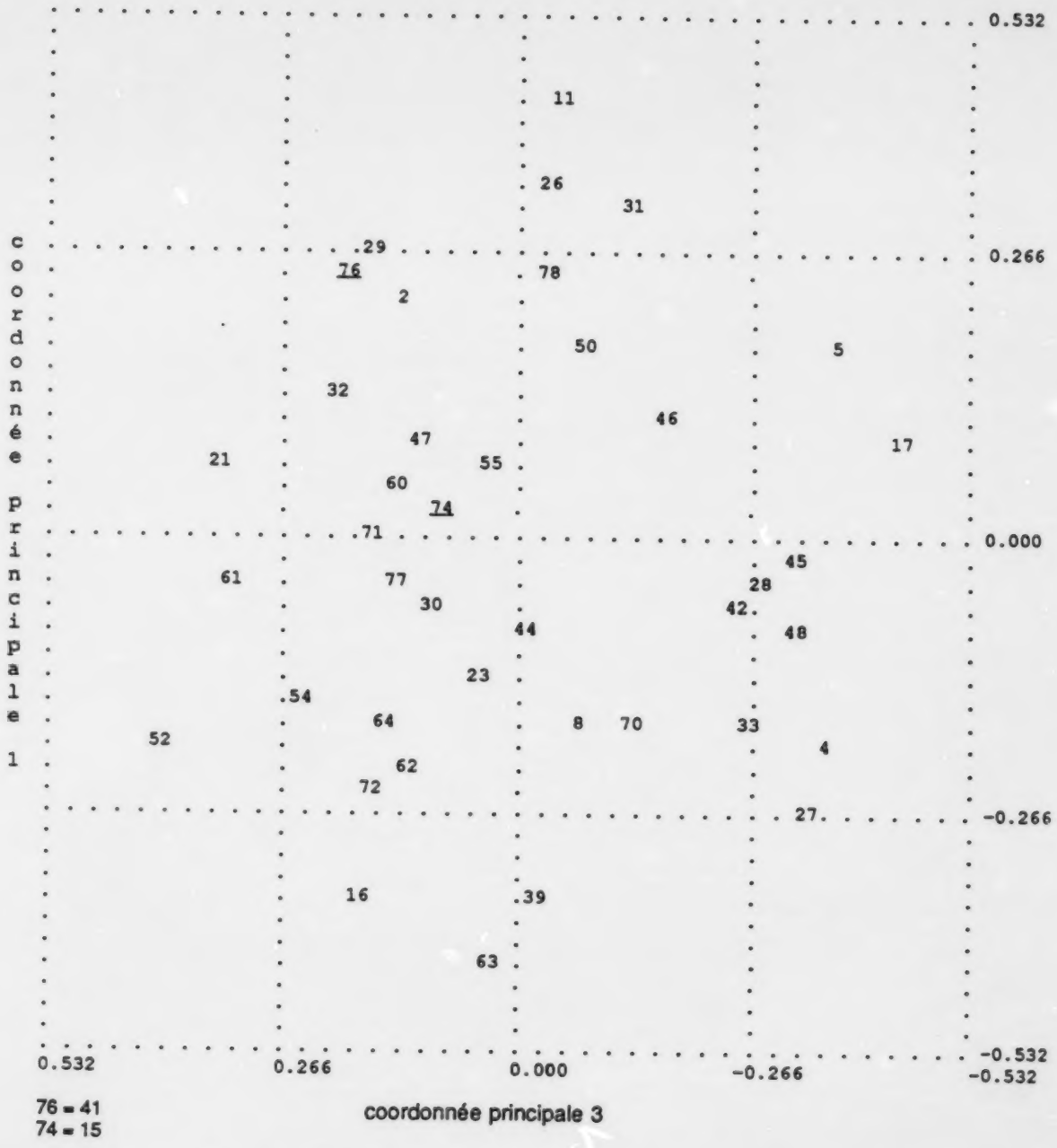


FIGURE 25. Distribution spatiale des taxons au site de Saint-Simon en fonction des coordonnées principales 1 et 3.

note: Les nombres correspondent aux espèces du tableau 8. Les nombres soulignés occupent des positions communes à plus d'un taxon. Le taxon19 est exclu à cause de sa position éloignée.

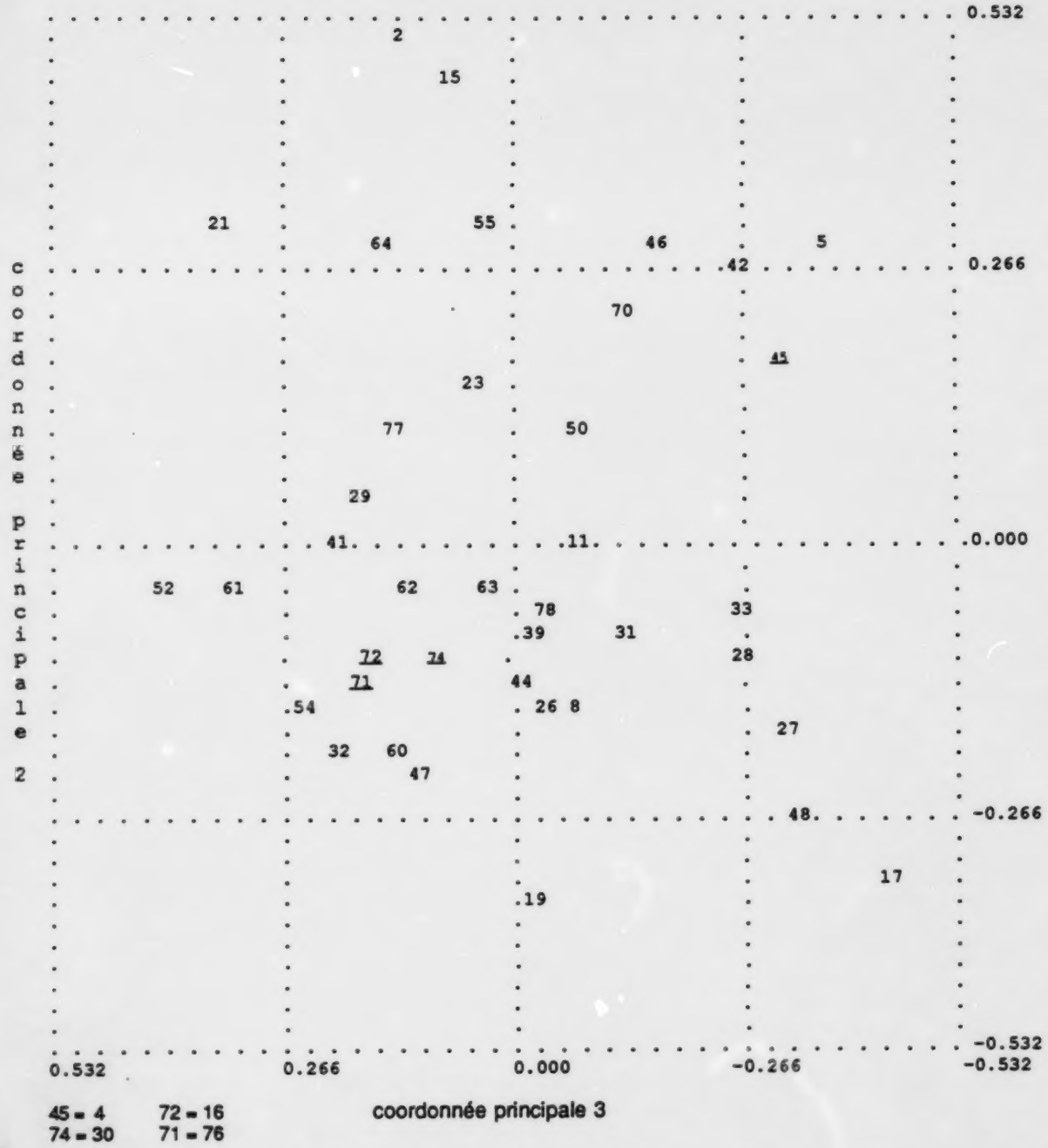


FIGURE 26. Distribution spatiale des taxons au site de Saint-Simon en fonction des coordonnées principales 2 et 3.

note: Les nombres correspondent aux espèces du tableau 8. Les nombres soulignés occupent des positions communes à plus d'un taxon. Le taxon19 est exclu à cause de sa position éloignée.

Le groupe 2 se caractérise par une absence de toutes les espèces à la station 12 (figure 28). On constate également une plus grande fréquence dans les stations les plus rapprochées de la rive (stations 2 à 9). Cette situation n'est guère explicable en fonction des pourcentage de matière organique ou de la grosseur des particules. Le genre *Nephtys* se retrouve normalement dans les milieu de sable fin et *Nucula tenuis* et *Rhodine* sp. sont habituellement rencontrés en eau profonde (Perkins, 1974). À l'opposé, les stations situées plus au large contiennent en général plus d'espèces du groupe 3. *Maldane sarsi* et *Scalibregma inflatum*, deux espèces du groupe 3, sont communément rencontrés dans le chenal des estuaires (Perkins, 1974). La quatrième association semble être négativement influencée par le pourcentage de la fraction fine des sédiments. Les espèces de ce groupe sont plus nombreuses et fréquentes aux stations ou ce pourcentage est le plus faible. D'ailleurs, la distribution de *Tellina agilis* est connue pour être limitée par la quantité de particules très fine et *Scoloplos armiger* est un habitant des sédiments plutôt grossiers (Perkins, 1974).

Sur les quatre groupes identifiés, trois sont totalement absents à une des stations du site. Le groupe 2 n'est pas représenté à la station 12 et nous notons l'absence des groupes 3 et 4 aux stations 9 et 7, respectivement. Ce fait laisse soupçonner que la méthode d'ordination employée donne beaucoup de poids à la concordance des absences. Par conséquent, les associations peuvent être faussées puisque la commune absence des taxons à une station ne devrait pas avoir le même poids que leur présence.

Après la consultation des scores de chacune des espèces des quatres associations et à partir des connaissances que nous avons de leurs distributions, il appert que la coordonnée principale 1 est celle qui domine la distribution du groupe 1. Elle serait liée à des facteurs environnementaux non mesurés. La distance de la côte est reliée à la coordonnée principale 2 qui détermine en bonne partie la distribution des groupes 2 et 3. Quant à la troisième coordonnée, elle contrôle la dispersion du groupe 4 et est vraisemblablement en rapport avec la grosseur des particules des sédiments.

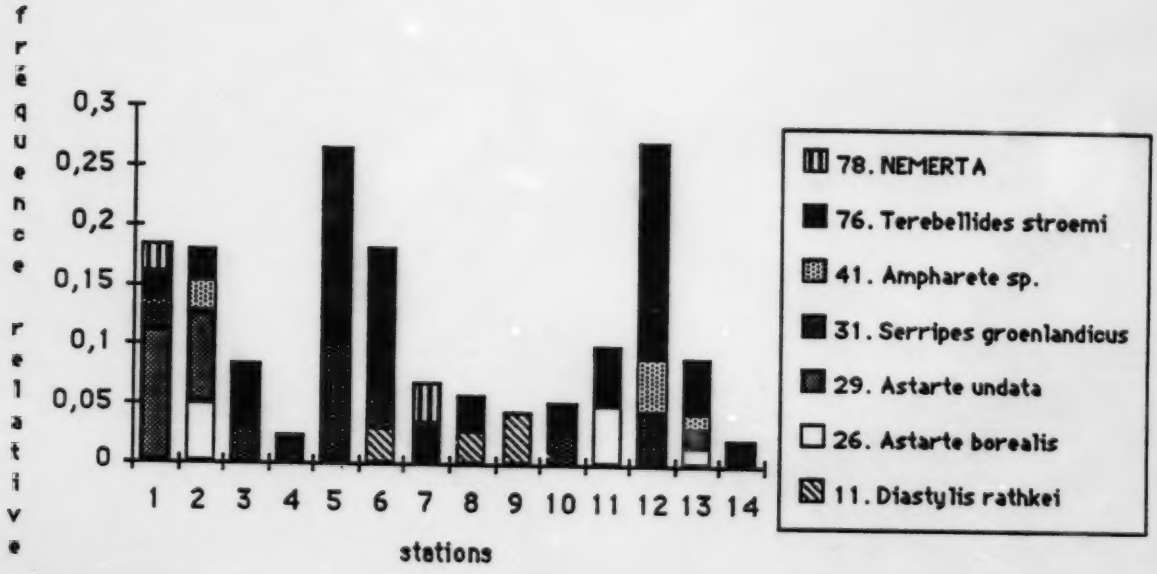


FIGURE 27. Distribution des taxons du groupe 1 - site de Saint-Simon.

note: Les profondeurs varient de 26 à 37 mètres pour tout le site. Les stations 1 et 10 à 14 (strate no 1) sont à environ 3.5 milles marins de la rive sud; les stations 2 à 9 (strate no 2) sont à environ 2.5 milles.

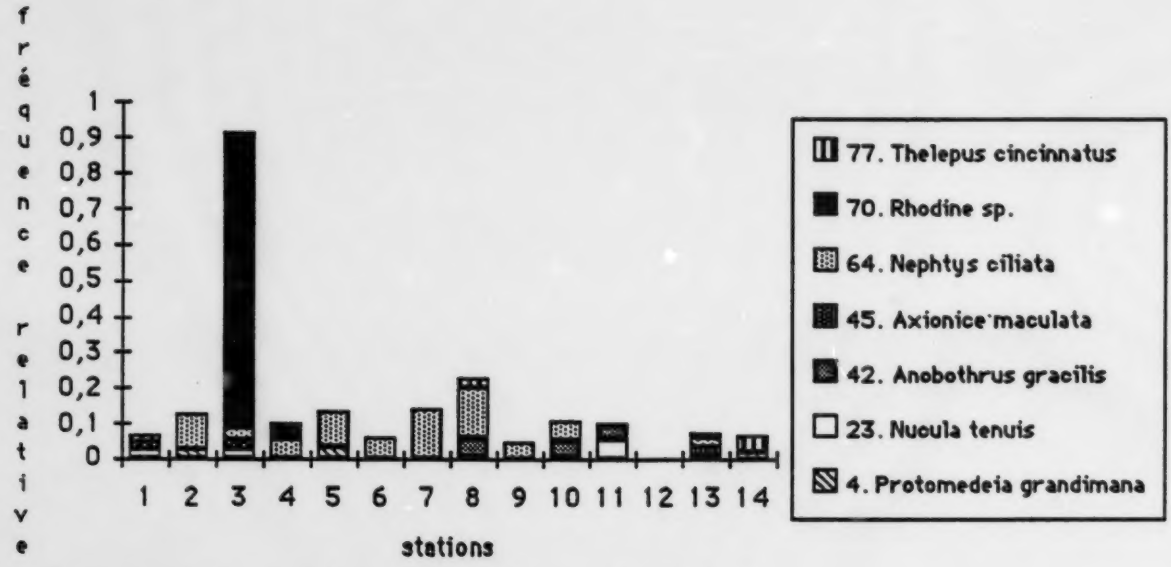


FIGURE 28. Distribution des taxons du groupe 2 - site de Saint-Simon.

note: Les profondeurs varient de 26 à 37 mètres pour tout le site. Les stations 1 et 10 à 14 (strate no 1) sont à environ 3.5 milles marins de la rive sud; les stations 2 à 9 (strate no 2) sont à environ 2.5 milles.

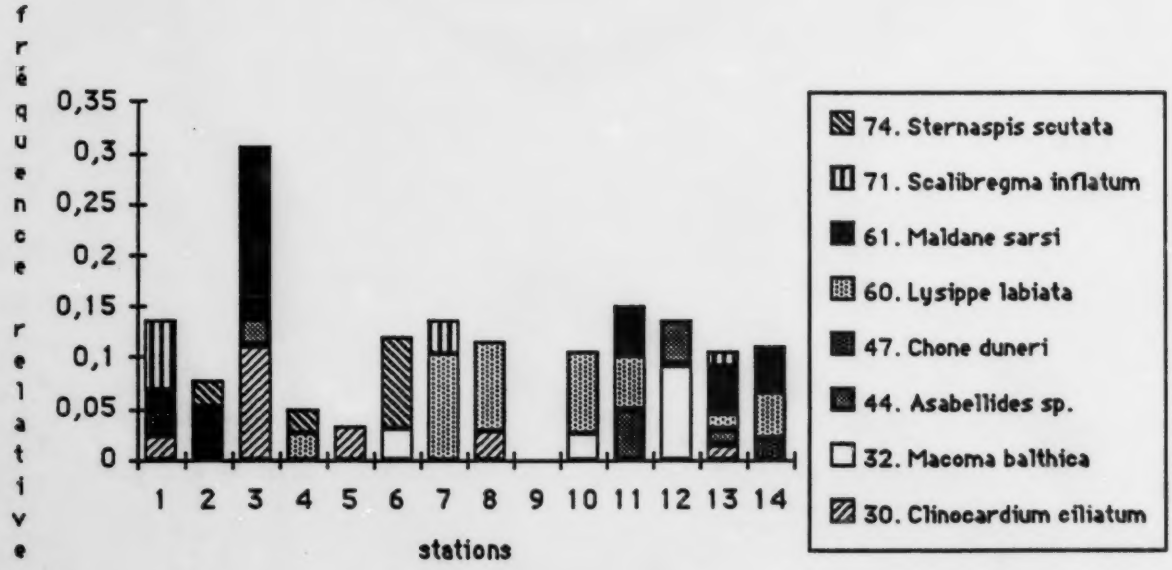


FIGURE 29. Distribution des taxons du groupe 3 - site de Saint-Simon.

note: Les profondeurs varient de 26 à 37 mètres pour tout le site. Les stations 1 et 10 à 14 (strate no 1) sont à environ 3.5 milles marins de la rive sud; les stations 2 à 9 (strate no 2) sont à environ 2.5 milles.

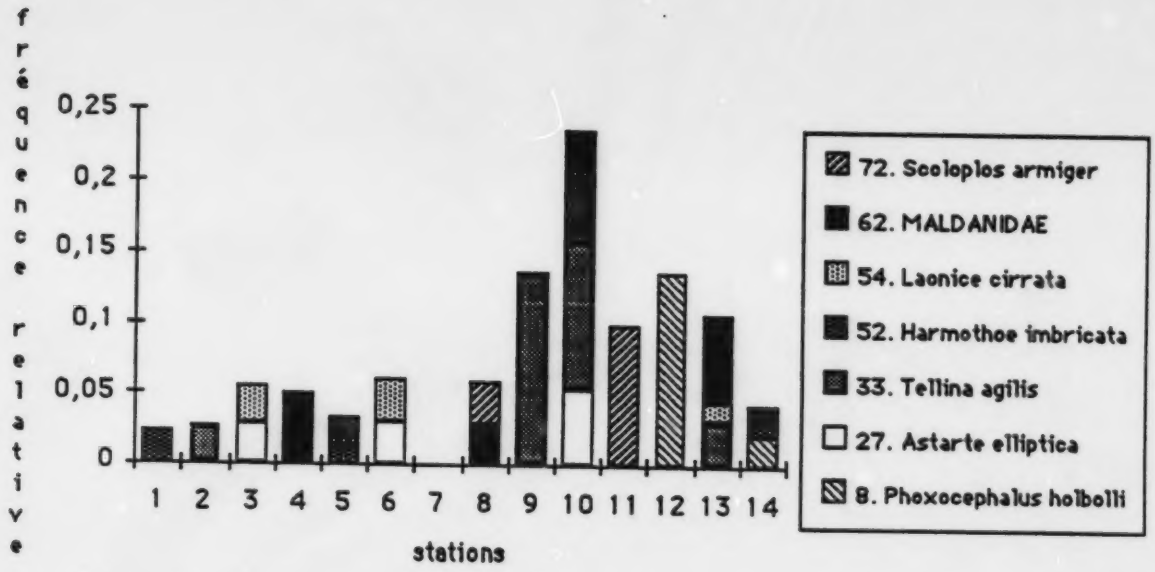


FIGURE 30. Distribution des taxons du groupe 4 - site de Saint-Simon.

note: Les profondeurs varient de 26 à 37 mètres pour tout le site. Les stations 1 et 10 à 14 (strate no 1) sont à environ 3.5 milles marins de la rive sud; les stations 2 à 9 (strate no 2) sont à environ 2.5 milles.

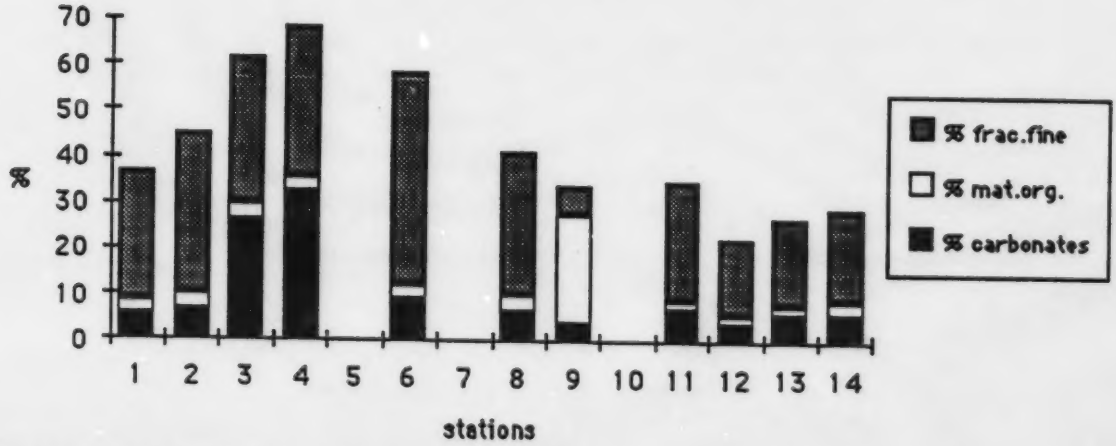


FIGURE 31. Distribution de la matière organique, des carbonates et la fraction fine des sédiment - site de Saint-Simon.

note: Les profondeurs varient de 26 à 37 mètres pour l'ensemble du site. Les stations 1 et 10 à 14 (strate no1) sont à environ 3.5 milles marins de la rive sud; les stations 2 à 9 (strate no2) sont à environ 2.5 milles. C'est données ne sont pas disponibles pour les stations 5, 7 et 10.

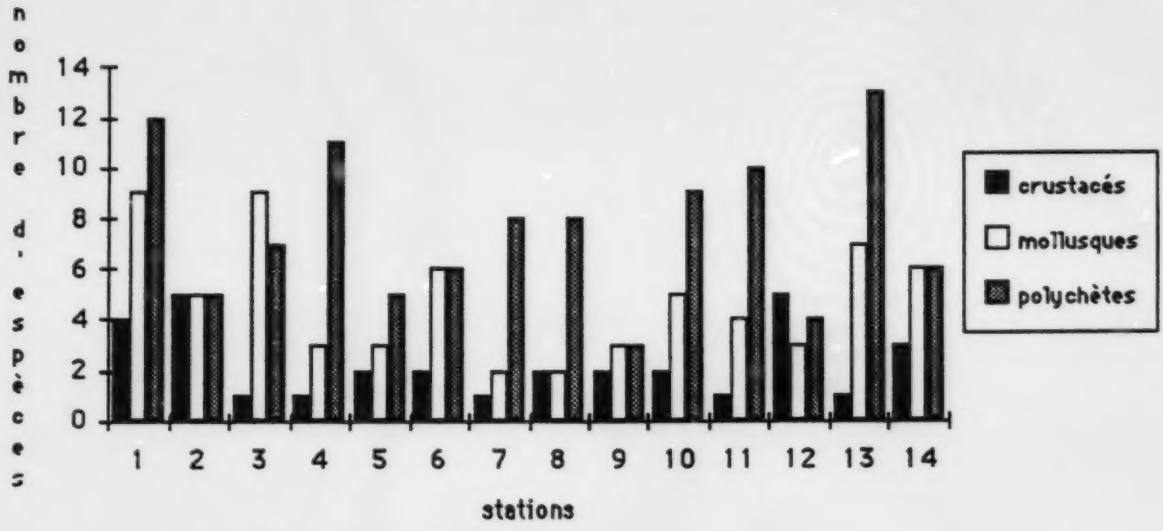


FIGURE 32. Distribution des principaux phyla - site de Saint-Simon.

note: Les profondeurs varient de 26 à 37 mètres pour l'ensemble du site. Les stations 1 et 10 à 14 (strate no1) sont à environ 3.5 milles marins de la rive sud; les stations 2 à 9 (strate no2) sont à environ 2.5 milles.

Site de Saint-Simon : analyse générale du site

La figure 32 représente la dispersion des principaux phyla présent au site de Saint-Simon. Encore ici, ce sont généralement les polychètes qui sont dominants en terme d'abondance. Cependant, le nombre d'espèces des trois phyla est égal à la station 2; et le nombre d'espèces de mollusques aux stations 6, 9 et 14 est égal à celui des polychètes. Aucune tendance générale des phyla ne peut être distinguée en fonction des variations de la distance de la côte, du pourcentage de matière organique et de la nature des sédiments. Malgré l'apparente uniformité du site, les coefficients de variations pour les paramètres physiques autres que la profondeur et pour les variables biologique ne sont guère différents de ceux des autres sites étudiés (tableau 9). On ne peut donc émettre l'hypothèse que l'amplitude des modifications du milieu est inférieure au degré de tolérance de plusieurs taxons et que seules les espèces les plus sensibles sont touchées.

Analyses discriminante et factorielle Le site de Saint-Simon a été analysé dans son ensemble à partir des variables habituelles de profondeur, fraction fine, abondance et diversité (tableau 10). Bien que la profondeur soit plus uniforme à ce site, nous avons voulu tester si les différences existant entre les profondeurs des stations situées à 2.5 milles de la rive sud et celles à 3.5 milles sont significatives. L'analyse discriminante a portée sur 11 des 14 stations. Les stations 5, 7 et 10 ont été éliminées à cause de données manquantes sur le pourcentage de particules fines et de matière organique. La variable profondeur est la seule qui s'est avérée significative comme élément de discrimination des deux strates (tableau 11). Les tests multivariés sont tous significatifs ($p < .05$) sans doute grâce à la variable de profondeur.

La valeur du pourcentage de la matière organique à la station 9 est particulièrement élevée et ne suit pas le patron de distribution des carbonates et de la fraction fine (figure 31). Nous présumons qu'une erreur de manipulation est à l'origine de cet écart et qu'il est préférable de se fier à la teneur en carbonates pour pour cette station. Si nous retirons cette valeur extrême de l'analyse discriminante, la variable "fraction fine"

obtient une probabilité=0.006 (F univarié) et devient significativement différente d'une strate à l'autre. L'analyse factorielle nous a permis d'identifier deux facteurs dont le premier (44.85% de la variance totale après une rotation varimax) est une combinaison des variables d'abondance et de diversité et le second (39.81% de la variance) réuni les variables physiques de profondeur et la fraction fine qui sont négativement corrélées.

TABLEAU 9. Moyennes, écarts types et coefficients de variation pour toutes les strates et les sites échantillonnés.

KAMOURASKA	strate no 1	strate no 2	strate no 3	site total
PROFONDEUR				
moyenne et écart type	46.0 ± 1.2	31.6 ± 1.8	20.0 ± 1.2	32.5 ± 11.1
coefficient de variation (%)	2.6	5.7	6	34.2
FRACTION FINE				
moyenne et écart type	55.1 ± 21.3	69.4 ± 5.5	41.0 ± 17.6	55.2 ± 19.3
coefficient de variation (%)	38.7	7.9	42.9	35.0
ABONDANCE				
moyenne et écart type	16.0 ± 7.1	14.0 ± 1.9	10.0 ± 4.2	13.6 ± 5.2
coefficient de variation (%)	44.4	13.6	4.2	38.2
DIVERSITÉ				
moyenne et écart type	3.2 ± 0.7	2.2 ± 1.0	2.1 ± 0.3	2.5 ± 0.8
coefficient de variation (%)	2.2	45.5	14.3	32.0
ILE-AUX-FRAISES	strate no 1	strate no 2	strate no 3	site total
PROFONDEUR				
moyenne et écart type	83.4 ± 3.7	52.5 ± 4.3	34.1 ± 1.3	56.6 ± 21.3
coefficient de variation (%)	4.4	8.2	3.8	37.6
FRACTION FINE				
moyenne et écart type	29.7 ± 7.2	41.3 ± 16.2	46.4 ± 11.6	39.1 ± 13.5
coefficient de variation (%)	24.2	39.2	25.0	34.5
ABONDANCE				
moyenne et écart type	32.0 ± 6.4	29.4 ± 6.1	33.0 ± 5.0	31.5 ± 5.6
coefficient de variation (%)	20.0	20.7	15.1	17.8
DIVERSITÉ				
moyenne et écart type	3.4 ± 0.7	3.4 ± 0.7	4.0 ± 0.8	3.6 ± 0.7
coefficient de variation (%)	20.6	20.6	20.0	19.4
SAINT-SIMON	strate no 1	strate no 2		site total
PROFONDEUR				
moyenne et écart type	34.4 ± 2.5	30.7 ± 2.3	.....	32.3 ± 2.9
coefficient de variation (%)	7.3	7.5		9.0
FRACTION FINE				
moyenne et écart type	22.2 ± 4.8	35.5 ± 6.3	.....	28.8 ± 8.8
coefficient de variation (%)	21.6	17.7		30.6
ABONDANCE				
moyenne et écart type	18.3 ± 4.7	13.3 ± 3.0	.....	15.4 ± 4.5
coefficient de variation (%)	25.7	22.6		29.2
DIVERSITÉ				
moyenne et écart type	3.6 ± 0.4	3.1 ± 0.3	.....	3.3 ± 0.4
coefficient de variation (%)	11.1	9.7		12.1

note: Le site de Saint-Simon n'a que deux strates.

TABLEAU 10. Données relatives aux variables utilisées dans les analyses factorielle et discriminante - site de Saint-Simon.

station	profondeur (±0,3 m)	fraction fine (%)	abondance (nb espèces)	diversité (indice H')	strate
S1	31.4	27.92	26	4.209	1
S2	27.0	35.19	16	3.411	2
S3	27.8	31.81	18	3.683	2
S4	30.2	32.69	15	3.047	2
S5	30.8	—	10	2.746	2
S6	31.4	46.47	13	3.260	2
S7	33.0	—	12	3.179	2
S8	32.7	31.13	13	3.013	2
S9	32.6	6.25	9	2.723	2
S10	31.9	—	19	3.883	1
S11	33.5	26.47	15	3.883	1
S12	36.9	16.83	13	3.199	1
S13	37.0	19.29	21	3.355	1
S14	35.6	20.46	16	3.183	1

TABLEAU 11. Tests univariés et multivariés pour l'effet de strate - site de Saint-Simon.

TESTS UNIVARIÉS

VARIABLE	SC	dl	CM	F	p
profondeur	57.625	1	57.625	9.876	0.012
erreur	52.516	9	5.835		
fraction fine	192.253	1	192.253	1.796	0.213*
erreur	963.244	9	107.027		
abondance	48.109	1	48.109	2.727	0.133*
erreur	158.800	9	17.644		
diversité	0.386	1	0.386	2.471	0.150*
erreur	1.406	9	0.156		

TESTS MULTIVARIÉS

WILKS' LAMBDA = 0.073	F = 9.127	dl = 4, 6	p = 0.00
PILLAI TRACE = 0.927	F = 19.127	dl = 4, 6	p = 0.00
HOTELLING-LAWLEY TRACE = 12.752	F = 19.127	dl = 4, 6	p = 0.00

* non significatif à alpha = .05

ÉTUDE DES CONTAMINANTS

Contaminants et milieu phisico-chimique

Pour l'étude des contaminants, nous avons conservé les subdivisions en strates de profondeur (3 strates pour les sites de Kamouraska et de l'Ile-aux-Fraises) alors que le site de Saint-Simon a été considéré dans son ensemble vu le manque de matériel biologique et la plus grande uniformité de la profondeur. Nous avons regroupé les différentes espèces de bivalves, de gastéropodes et d'ophiures récoltées aux différentes stations d'une même strate. Cette mesure a été essentielle pour les analyses chimiques à cause des petits volumes obtenus lors de l'échantillonnage.

En général, tous les contaminants analysés, soit les BPC, HAP, pesticides et mercure, se sont retrouvés en concentrations faibles dans les sédiments et les organismes benthiques (tableau 12). Les concentrations des substances toxiques dans les sédiments ont été étudiées pour leurs relations avec les variables physico-chimiques suivantes: profondeur des strates, pourcentage de la fraction fine, de matière organique, d'azote (N), d'hydrogène (H) et de carbone (C). Il faut noter que parmi ces variables, les teneurs en C, H et N ne sont pas indépendantes comme l'illustre la figure 33. Les BPC et les pesticides se comportent de façon similaire au site de l'Ile-aux-Fraises mais divergent légèrement à Kamouraska et beaucoup à Saint-Simon (figure 34). La distribution des BPC est en relation avec les pourcentages de C, H et N, comme l'illustre la figure 35. La même relation existe pour les pesticides tout en étant moins nette.

Contaminants et niveaux trophiques

D'une façon générale, les substances toxiques s'accumulent d'abord dans les sédiments pour se concentrer ensuite au fur et à mesure que l'on s'élève dans la pyramide alimentaire. De plus, les sédiments sont un milieu de rétention et de transformation des contaminants et sont très représentatifs de l'état de santé d'un milieu (Couillard, 1987).

Les pesticides se retrouvent en plus grandes concentrations dans les gastéropodes que dans les bivalves et d'avantage dans les bivalves que dans les ophiures, aux sites de Kamouraska et de l'Ile-aux-Fraises. À Saint-Simon par contre, les ophiures sont plus contaminées que les bivalves. Le DDT et le DDD sont les plus importants et constituent 32.7% et 16.9%, respectivement, des pesticides rencontrés dans le benthos. Le même ordre d'importance est observé dans les sédiments avec 41% pour le DDT et 27.1% pour le DDD. Dans les organismes, il existe une similitude dans entre la proportion de BPC et de pesticides (figure 36).

Le transfert des BPC dans la chaîne alimentaire, tel qu'illustré par nos échantillons, augmente des ophiures aux gastéropodes, en passant par les bivalves. Cette tendance comporte des exceptions locales où les bivalves se trouvent les plus contaminés (comme dans les strates 1 et 3 du site de l'Ile-aux-Fraises). Les poissons (n=2) et la crevette capturés ont des taux comparables, ou plus élevés, que les organismes les plus contaminés des strates d'où ils proviennent. Ces animaux sont cependant beaucoup plus mobiles que les autres taxons et ne peuvent donc pas être représentatifs d'un milieu restreint, surtout que le nombre d'échantillons est très réduits.

Le seul site pour lequel nous disposons de données sur plus d'un taxon, pour les concentrations de HAP et de mercure est Saint-Simon. Pour ces deux contaminant, les ophiures ont des taux supérieurs aux bivalves.

Comparaisons des trois sites

La contamination des sites de Kamouraska, l'Ile-aux-Fraises et de Saint-Simon a été comparée à l'aide de méthodes non paramétriques vu le faible nombre d'observations disponibles. Les tableaux 12 et 13 résument les tests de Kruskal-Wallis effectués. Tout les tests se sont avérés non significatifs, tant pour les concentrations dans les sédiments que dans le benthos. Pour les tests de benthos nous avons utilisé la moyenne des taxons d'une même strate, ce qui a réduit la sensibilité du test en augmentant la variance, mais qui était essentiel surtout pour les HAP et le mercure.

Une analyse multivariée a été réalisée avec les variables indépendantes "site" (Kamouraska, l'Ile-aux-Fraises et Saint-Simon) et "benthos" (bivalve, gastéropode et ophiure) et les variables dépendantes "BPC" et "pesticides". Les autres contaminants ont été exclus à cause du faible nombre d'analyses disponibles. Bien que nous ayons déjà comparé les sites par des méthodes non paramétrique, nous avons tenté une nouvelle

approche pour les BPC et les pesticides puisque nous disposions de plus d'information à leur sujet. Les résultats des tests univariés (tableau 15) démontrent que le contenu en pesticides varie significativement en fonction du type d'organisme benthique, ce qui n'est pas le cas pour les BPC pour lesquels les tests multivariés sont tous significatifs ($p < .05$). Par contre, les tests univariés et multivariés pour la distinction des sites sont tous non significatifs (non présentés ici) et confirment les informations fournies par les tests non paramétriques.

TABLEAU 12. Synthèse des données de contamination des sédiments et des organismes benthiques pour les trois sites. Les résultats des échantillons d'organismes sont exprimés en ng/g de poids humide alors que les sédiments sont en ng/g de poids sec.

site/strate	échantillon	BPC totaux (ng/g)	pesticides (ng/g)	HAP totaux (ng/g)	[illegible]g (ng/g)
KAMOURASKA					
strate no1	bivalves		3.2		
45-48 m	gastéropodes*	58.4	6.6		
	ophiures	17.8	2.2		12.0
	poisson	59.4	4.3		
	sédiments	28.6	2.3	177.0	175.8
strate no2	bivalves	23.1	1.6		
29-35 m	ophiures	10.0	1.5	47.0	
	sédiments	26.5	1.9	252.0	150.9
strate no3	bivalves*	17.1	3.1		
18-23 m	gastéropodes*	151.6	12.3		
	ophiures	77.0	2.0	47.0	
	sédiments	20.5	1.9	106.0	172.2
ILE-AUX-FRAISES					
strate no1	bivalves	50.7	4.2		
78-89 m	gastéropodes	27.3	7.0	94.0	38.8
	ophiures	29.2	2.3		
	sédiments	15.8	0.8	70.0	73.8
strate no2	bivalves	17.4	2.3		
47-58 m	gastéropodes	77.2	8.7		
	ophiures	22.7	2.1	68.0	15.1
	sédiments	20.5	1.1	140.0	126.0
strate no3	bivalves*	89.6	6.7		
32-36 m	gastéropodes	41.4	4.3		88.4
	ophiures	10.3	3.9	34.0	
	poisson*	81.8	5.0		
	sédiments	10.7	0.4	73.0	68.0
SAINT-SIMON					
site total	bivalves	6.6	1.6	83.0	33.2
(26-37)	ophiures	5.2	2.7	53.0	9.6
	crevette	15.1	4.2		
	sédiments	17.1	2.4	234.0	155.5

* le poids de l'échantillon est inférieur à 5 grammes, ce qui peut affecter la précision des résultats

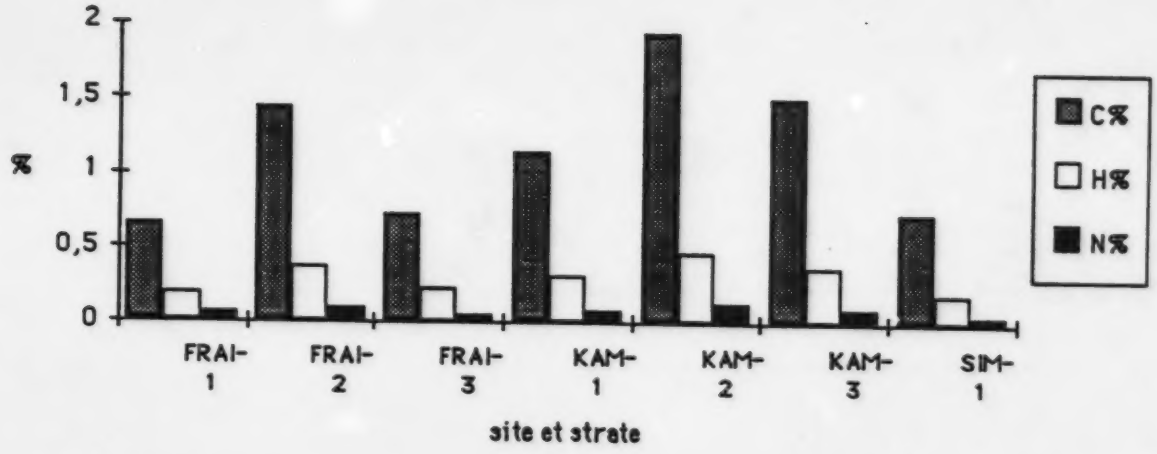


FIGURE 33. Pourcentage de carbone, hydrogène et azote dans les sédiments, selon les sites et les strates de profondeur.

note: C=carbone, H=hydrogène, N=azote, FRAI=Ile-aux-Fraises, KAM=Kamouraska et SIM=Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 indiquent les strates de profondeur.

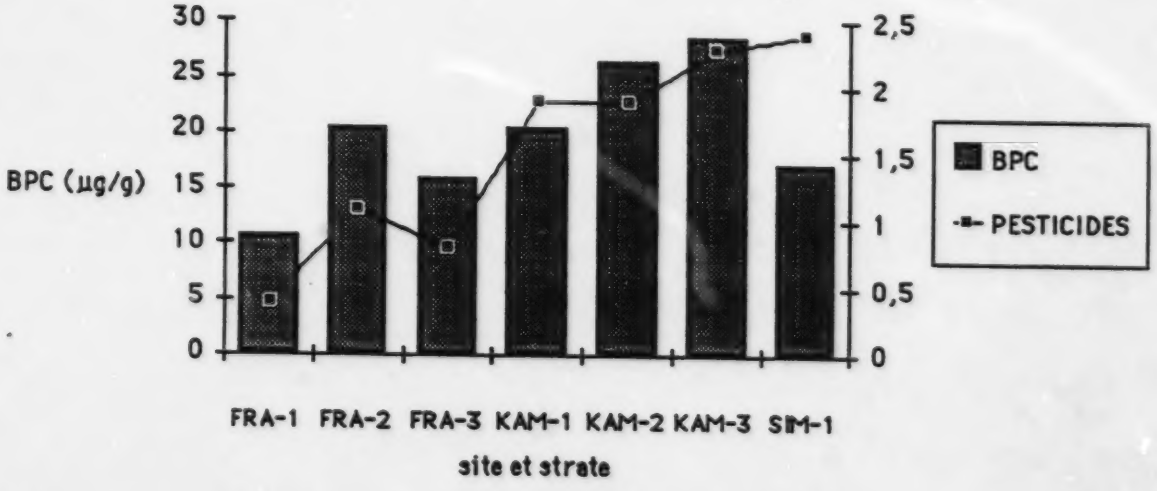


FIGURE 34. Distribution des BPC et des pesticides dans les sédiments des trois sites.

note: FRAI=Ile-aux-Fraises, KAM=Kamouraska et SIM=Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 indiquent les strates de profondeur.

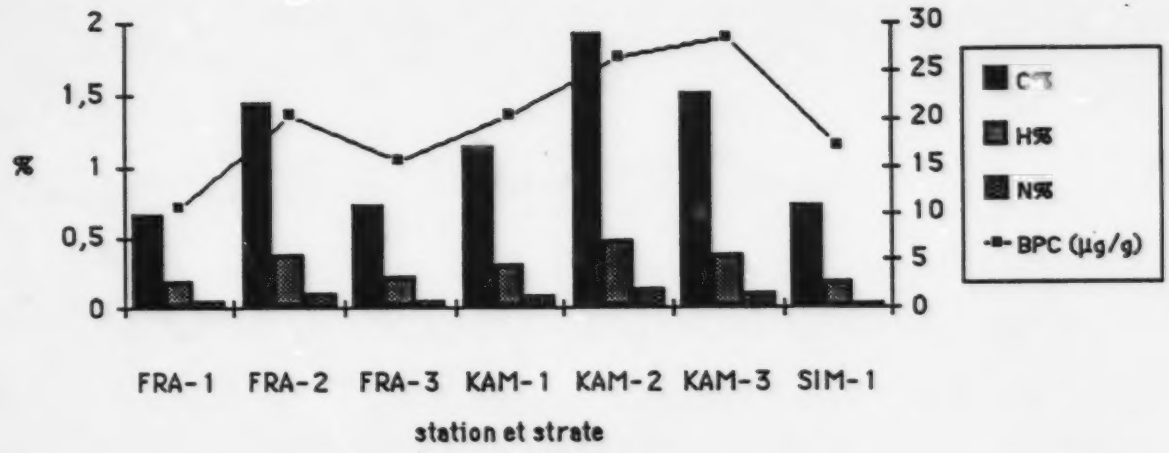


FIGURE 35. Distribution des BPC et des pourcentages de carbone, hydrogène et azote dans les sédiments des trois sites.

note: C=carbone, H=hydrogène, N=azote, FRAI=Ile-aux-Fraises, KAM=Kamouraska et SIM=Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 indiquent les strates de profondeur.

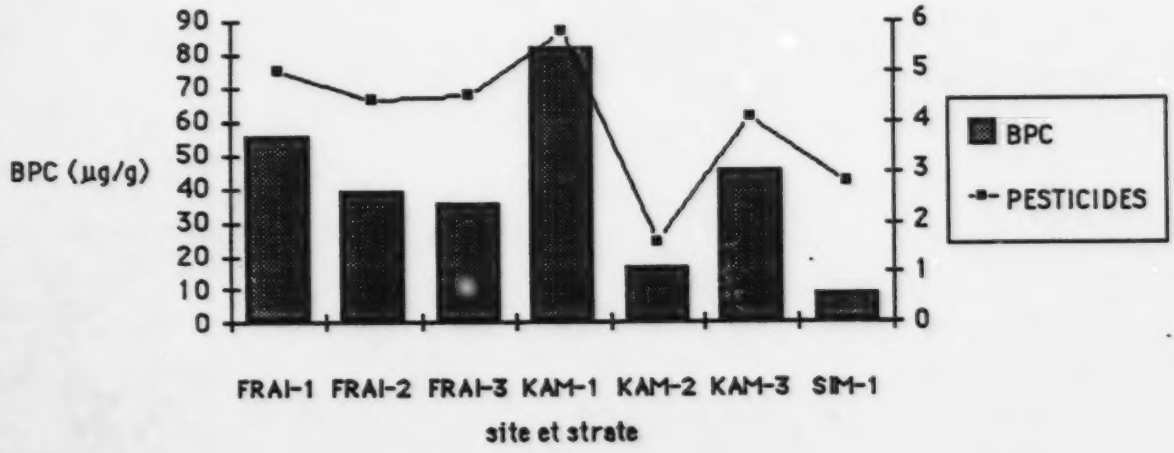


FIGURE 36. Distribution des BPC et des pesticides dans les organismes benthiques des tois sites.

note: FRAI=Ile-aux-Fraises, KAM=Kamouraska et SIM=Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 indiquent les strates de profondeur.

Aucune relation n'a pu être établie entre les concentrations de contaminants et les pourcentages de matière organique et de la fraction fine des sédiments. Il est toutefois possible que la faible quantité de données que nous possédions empêche de voir ces relations. En effet, les BPC sont souvent positivement corrélés avec la quantité de matière organique et avec le pourcentage de sédiments fins (Couillard, 1987).

La concentration moyenne de mercure dans les sédiments du golfe Saint-Laurent est de 150 ng/g et varie entre 30 et 950 ng/g pour l'estuaire (Couillard, 1987). Pour nos trois sites, nous obtenons une moyenne globale de 132 ng/g de mercure. On remarque toutefois, en examinant le tableau 12, que les taux de mercure sont les moins élevés au site de l'Ile-aux-Fraises. Couillard (1987) souligne que les concentrations de mercure sont généralement plus élevées dans les sédiments fins et moins élevées dans les sédiments sablonneux. Cette relation n'a pu être observée dans le cadre de notre étude.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Des indices de contamination aux HAP pétrogéniques ont été calculés à partir des données obtenues dans les sédiments de chacune des sept strates (tableau 16). Ces indices sont couramment utilisés pour décrire la nature des HAP présent dans les sédiments. Ceci nous permet de comparer nos résultats avec ceux que Pelletier *et al.* (1991) ont obtenus pour les secteurs de Matane et Pointe-Mitis. Il ressort de cette comparaison que le site témoin de Pointe-Mitis, un endroit considéré non exposé aux rejets anthropogéniques de HAP, possède un bruit de fond généralement supérieur aux valeurs obtenues pour les sites de notre étude. Nous devons toutefois souligner que les prélèvements de Pointe-Mitis se situaient dans la zone intertidal alors que nous avons échantillonné plus au large des côtes.

Ces indices mesurent le degré de contamination aux HAP pétrogéniques et doivent être considérés dans leur ensemble. Le fait que l'indice Bz(a)A/Chr entre, pour la totalité des strates, dans l'intervalle des sédiments contaminés n'est pas significatif, surtout que les concentrations sont très faibles. De plus, lorsque ces indices sont faibles, cela peut signifier que la source de contamination est de nature pyrogénique plutôt que pétrogénique, comme c'est le cas du Saguenay (Pelletier *et al.*, 1991).

Biphényles polychlorés (BPC)

Nous avons examiné la répartition des congénères de BPC en les regroupant selon le nombre d'atomes de chlores. Dans les sédiments, les congénères tetra- et pentachlorés sont les plus importants (Figure 37). Chez les invertébrés, la distribution observée est la même chez les gastéropodes, les ophiures et les poissons, où les pentachlorés et les hexachorés dominent, représentant respectivement environ 40% et 30% du total (Figures 39 à 41). Ces congénères sont moins abondants (respectivement environ 30% et 20%) chez les bivalves, où les tétrachlorés représentent un fraction importante, environ 25%, du total (Figure 38). L'échantillon de crevette se démarque franchement des autres invertébrés, avec plus de 35% de dichlorobiphényles, et moins de 15% de chacun des autres groupes (Figure 42; données en Annexe 4).

Le modèle de l'équilibre de répartition lipide/eau est le plus couramment employé pour décrire l'accu-mulation des BPC, et des autres substances toxiques lipophiles, dans les invertébrés aquatiques à branchies (Tanabe, 1988). Le modèle stipule que plus le log K_{ow} (le coefficient de répartition octanol/eau) est élevé, plus le potentiel de bioaccumulation du congénère est important. Pour les BPC, le log K_{ow} augmente avec le nombre d'atomes de chlore. Le modèle est particu-lièrement efficace pour expliquer le premier niveau de transfert des sédiments aux organismes (Lake *et al.*, 1990) mais la situation devient plus complexe au fur et à mesure que l'on s'élève dans la pyramide alimentaire. La nature du carbone organique des sédiments est un autre facteur pouvant avoir un effet important sur la bioaccumulation. En effet, les contaminants organiques ont plus d'affinité pour le carbone organique anthropogénique que pour le carbone organique d'origine naturelle (Lake *et al.*, 1990). Il peut en résulter une plus grande bioaccumulation aux endroits où les sédiments contiennent davantage de carbone organique naturel. Cette relation a été observée pour les BPC dans les oligochètes du lac Ontario et pour les HAP dans le bivalve *Macoma balthica* (Lake *et al.*, 1990).

Les différences de métabolisme inhérentes aux organismes constituent une des principales raison pour les variations de composition des BPC dans

les tissus. Dans une étude réalisée par Tanabe et Tatsukawa (1988), le plancton et les poissons pélagiques contenaient une grande quantité de congénères faiblement chlorés et aussi de penta- et hexachlorobiphényles. Ce patron de répartition est lié au fait que la majeure partie des BPC en eau libre est constituée de congénères avec deux ou trois atomes de chlore (Tanabe and Tatsukawa, 1988). Les BPC faiblement chlorés sont plus aisément absorbés au niveau du système digestif alors que l'accumulation des BPC fortement chlorés se ferait davantage directement par les branchies et la peau chez les poissons et les invertébrés marins (Tanabe and Tatsukawa, 1988). Le métabolisme des poissons et des mammifères leur permet d'éliminer assez facilement les BPC avec deux ou trois atomes de chlores mais il est beaucoup moins efficace pour les biphényles fortement chlorés. Le système OFM (oxidases à fonctions multiples) des mollusques semble démontrer des caractéristiques similaires à celui des mammifères et d'autres organismes (Livingstone, 1985). Les crustacés ont un système de détoxification des BPC déficient même pour les congénères faiblement chlorés et nous retrouvons d'ailleurs une forte proportion de BPC dichlorés dans l'échantillon de crevette que nous avons analysé (figure 41). Cependant, les résultats obtenus pour les taxons étudiés peuvent être influencés par la saison d'échantillonnage, l'état de maturation des gonades et la mue chez les crustacés. Ces paramètres sont connus pour affecter le système des OFM qui est la voie de détoxification des contaminants (Giam *et al.*, 1987).

Les mammifères marins concentrent davantage les congénères avec cinq atomes de chlore ou plus (Tanabe 1988, Muir *et al.* 1990). C'est le cas chez le béluga du Saint-Laurent où, bien que les tétra- et pentachlorés représentent 15% à 20% du total, les hexa- et heptachlorés dominent (Muir *et al.* 1990). Ce profil résulte de phénomènes de bio-accumulation et d'attrition des congénères les plus facilement dégradables. En comparaison, il y a prédominance de congénères tétra- à hexachlorés chez la majorité des invertébrés analysés aux trois sites. Cependant, ce ne sont pas ces profils, autant que les très faibles concentrations totales, qui militent contre l'hypothèse d'un apport significatif de contaminants chez les bélugas qui s'alimentent aux sites étudiés.

TABLEAU 13. Analyse de variance sur les contaminants contenus dans les sédiments. Comparaison des trois sites.

Kruskal-Wallis à un critere de classification (7 échantillons pour 7 strates)

variable dépendante: BPC variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.143* (2 dl)	3.89
variable dépendante: PESTICIDES variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.073* (2 dl)	5.24
variable dépendante: HAP variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.102* (2 dl)	4.57
variable dépendante: HG variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.102* (2 dl)	4.57

*non significatif à alpha = .05

TABLEAU 14. Analyse de variance sur les contaminants contenus dans les organismes benthiques. Comparaison des trois sites.

Kruskal-Wallis à un critere de classification
(7 observations: basées sur les moyennes des strates, tout taxons réunis)

variable dépendante: BPC variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.319* (2 dl)	2.29
variable dépendante: PESTICIDES variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.456* (2 dl)	1.57
variable dépendante: HAP variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.342* (2 dl)	2.15
variable dépendante: HG variable de groupement: SITE	TEST STATISTIQUE KRUSKAL-WALLIS = p = 0.98* (2 dl)	4.65

*non significatif à alpha = .05

TABLEAU 15. Analyse de variance multivariée sur les BPC et les pesticides contenus dans les organismes benthiques.

TEST POUR L'EFFET DE: "BENTHOS" (n=18 observations).

TESTS F UNIVARIÉS

VARIABLE	SC	dl	CM	F	p
BPC	5527.123	2	2763.562	2.251	0.145*
ERREUR	15962.048	13	1227.850		
PESTICIDES	83.735	2	41.868	9.568	0.003
ERREUR	56.887	13	4.376		

TESTS MULTIVARIÉS

WILKS' LAMBDA = 0.352				
	F = 4.116	dl = 4, 24	p = 0.01	
PILLAI TRACE = 0.653				
	F = 3.151		dl = 4, 26	p = 0.03
HOTELLING-LAWLEY TRACE = 1.829				
	F = 5.029		dl = 4, 22	p = 0.00
THETA = 0.646 S = 2, M = -.5, N = 5.0				p = 0.00

*non significatif à alpha=0.05

TABLEAU 16. Indices de contamination des sédiments aux HAP pétrogéniques.

site/ strate	station	P/A	Fl/Pyr	Bz(a)A/Chr*	site de Pointe-Mitis(1) P/A	Fl/Pyr	Bz(a)A/Chr
KAM-1	K13	2.50	0.07	O.60	3.6	1.3	0.9
KAM-2	K7	2.25	0.02	0.62	3.0	1.1	1.1
KAM-3	K1	3.25	0.03	0.17	4.4	1.0	1.3
FRAI-1	F15	1.67	0.13	0.50	4.3	0.9	0.9
FRAI-2	F7	2.50	0.03	0.63	6.1	1.1	1.1
FRAI-3	F1	0.60	0.00	0.50	5.7	1.2	1.2
SIM	S4	4.50	0.03	0.50	4.2	2.0	0.7
moyenne	KAM	2.67	0.04	0.46	4.5	1.2	1.0
écart type		0.45	0.02	0.21	1.0	0.4	0.2
	FRAI	1.59	0.05	0.54			
		0.78	0.06	0.06			

note: P/A = Phénanthrène/Anthracène (si < 6, sédiments propre)
Fl/Pyr = Fluorène/Pyrène (contamination faible entre 0,5 et 1,0)
Bz(a)A/Chr = Benzo(a)anthracène/Chrysène, entre 0.2 et 0.9 pour les sédiments contaminés.
*Signifie que les valeurs se retrouvent dans l'intervalle des sédiments contaminés.
(1) données extraites de Pelletier *et al.* (1991).

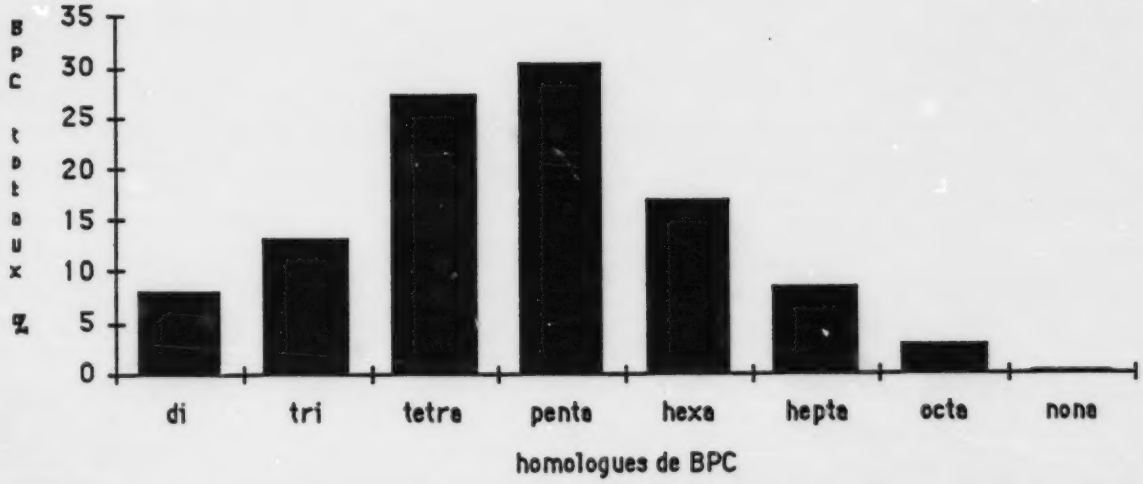


FIGURE 37. Homologues de BPC contenus dans les sédiments, exprimés en pourcentage des BPC totaux retrouvés aux trois sites étudiés.

note: Les valeurs des pics superposant plusieurs congénères ont été réparties proportionellement.

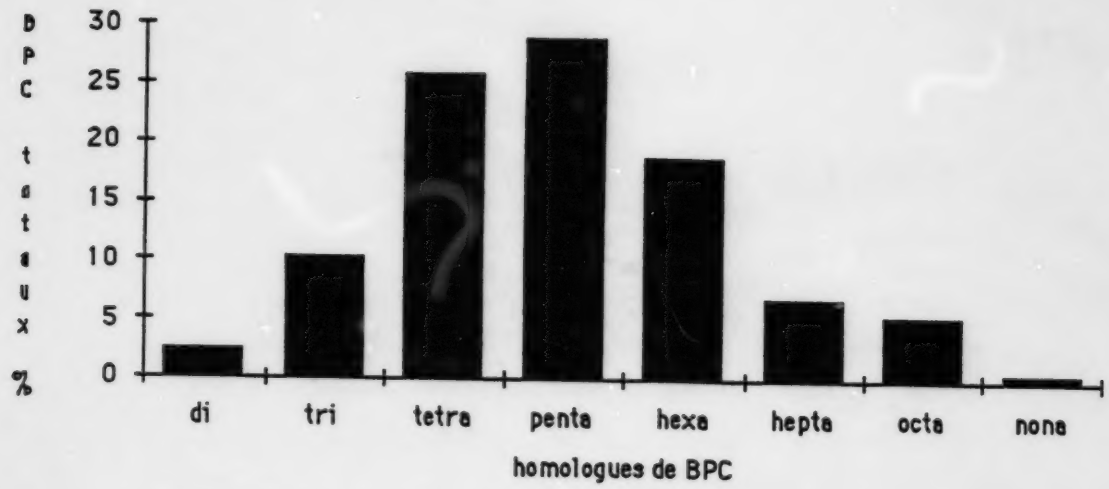


FIGURE 38. Homologues de BPC contenus dans les bivalves, exprimés en pourcentage des BPC totaux retrouvés aux trois sites étudiés.

note: Les valeurs des pics superposant plusieurs congénères ont été réparties proportionnellement.

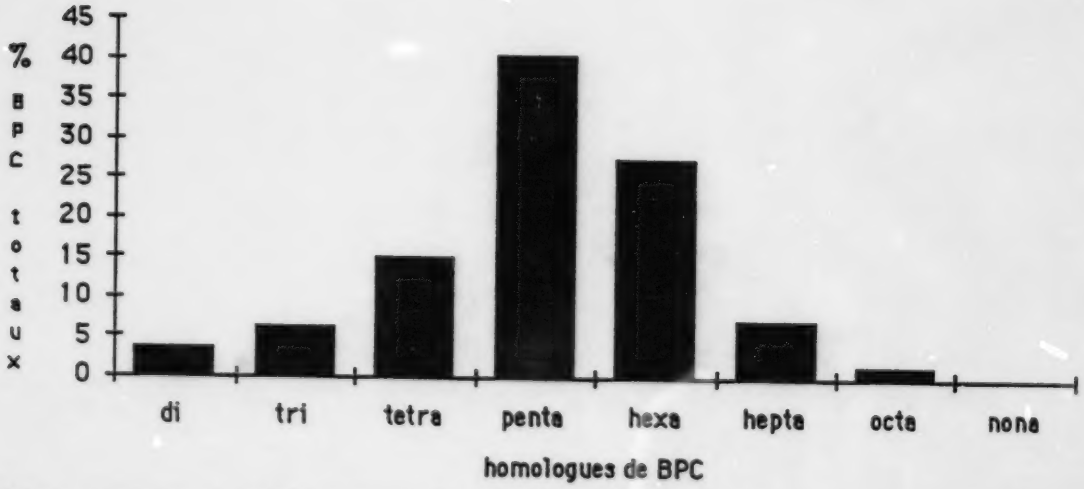


FIGURE 39. Homologues de BPC contenus dans les gastéropodes, exprimés en pourcentage des BPC totaux retrouvés aux trois sites étudiés.

note: Les valeurs des pics superposant plusieurs congénères ont été réparties proportionnellement.

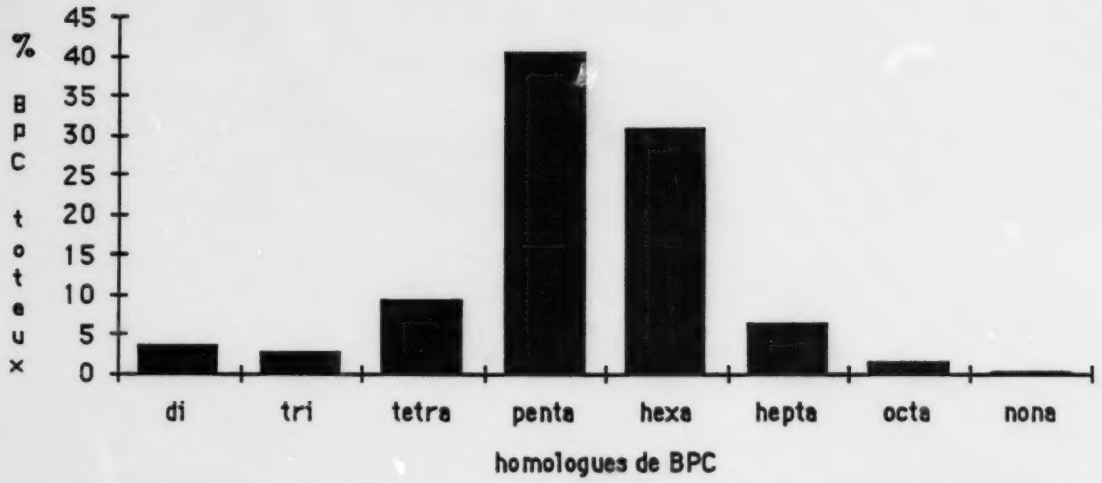


FIGURE 40. Homologues de BPC contenus dans les OPHIURES, exprimés en pourcentage des BPC totaux retrouvés aux trois sites étudiés.

note: Les valeurs des pics superposant plusieurs congénères ont été réparties proportionnellement.

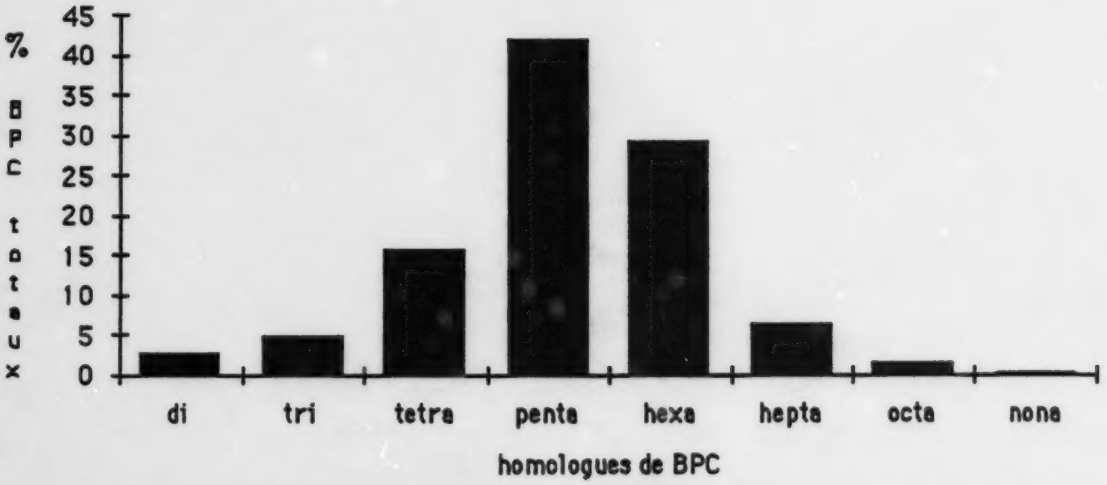


FIGURE 41. Homologues de BPC contenus dans les POISSONS (2 individus), exprimés en pourcentage des BPC totaux retrouvés aux sites de Kamouraska et de l'Ile-aux-Fraises.

note: Les valeurs des pics superposant plusieurs congénères ont été réparties proportionnellement.

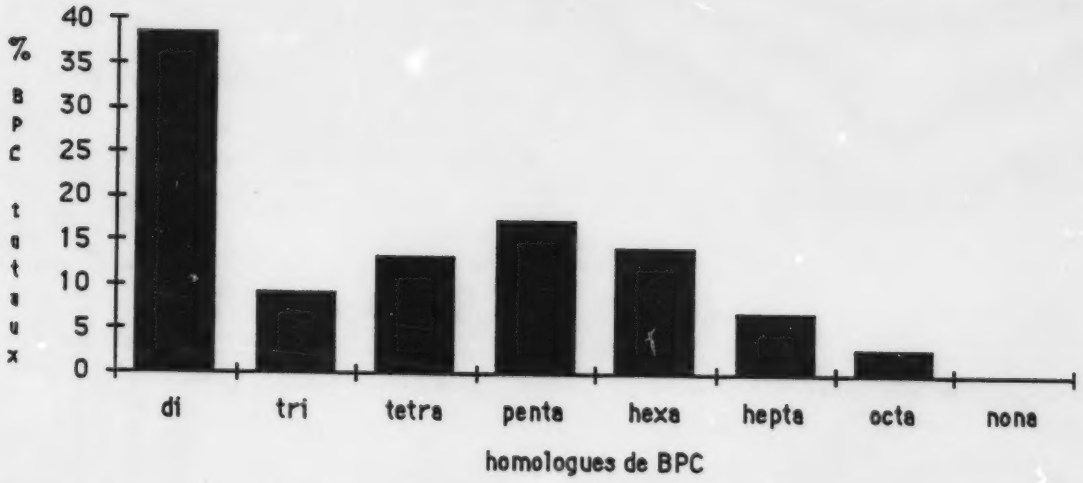


FIGURE 42. Homologues de BPC contenus dans la crevette (1 individu), exprimés en pourcentage des BPC totaux retrouvés à Saint-Simon.

note: Les valeurs des pics superposant plusieurs congénères ont été réparties proportionnellement.

OBSERVATIONS DE BÉLUGAS

Lors des travaux effectués à Kamouraska (une journée), des bélugas ont fréquenté le secteur pendant au moins quatre heures en approchant parfois à près de 200 m du bateau. Les animaux, des adultes et des jeunes, étaient "milling", c'est-à-dire que leurs déplacements étaient imprévisibles et non-directionnels. La présence d'une équipe de recherche de l'INESL (indépendante de ce projet-ci) a permis de confirmer des comportements d'alimentation chez le béluga dans la zone échantillonnée, lors de notre présence, et tout au long de la saison estivale.

Nous avons à nouveau observé des bélugas lors des deux jours passés à l'Ile-aux-Fraises, les 9 et 10 août. Le deuxième jour, à 11h27, un béluga adulte et solitaire, qui se maintenait à une distance de 300 à 500 m de notre embarcation, a refait surface avec le flanc droit et la tête maculés de vase. Ceci vient corroborer notre choix du site comme un lieu où les bélugas entrent en contact avec les sédiments. Nous avons aussi noté la présence de phoques dans les alentours.

CONCLUSION

L'étude des sites de Kamouraska, de l'Ile-aux-Fraises et de Saint-Simon a significativement contribué à augmenter les connaissances actuelles sur les communautés benthiques de l'estuaire moyen et maritime, ainsi qu'à la caractérisation des habitats du béluga du Saint-Laurent. Les variables de profondeur, de pourcentage de particules fines et de matière organique se sont avérées importantes dans la distribution des communautés benthiques I. Par contre, il se peut que d'autres paramètres non mesurés (salinité, température) aient permis de mieux expliquer les distributions de certaines espèces. Le site de l'Ile-aux-Fraises (n=121 espèces) est apparu comme ayant la plus grande diversité d'organismes benthiques alors que les sites de Kamouraska et Saint-Simon étaient moins diversifiés (n=78 espèces).

L'étude de l'organisation benthique permet une évaluation de la salubrité des fonds parce qu'elle intègre les conditions environnementales aux niveaux trophiques inférieurs. Les analyses de contaminants sur des invertébrés marins et les sédiments suggèrent un phénomène de bioconcentration important dans la chaîne alimentaire

marine du Saint-Laurent. Cette hypothèse est confirmée par le fait que nous avons trouvé des concentrations faibles chez les invertébrés, alors que les bélugas habitant ces eaux sont fortement contaminés. Tout au long du Saint-Laurent, et dans le Saguenay, les organochlorés, les HAP et les métaux lourds ont été détectés mais sont généralement en faibles concentrations dans les sédiments et le benthos, sauf le mercure dans le Saguenay, pour lequel la situation tend à s'améliorer (de Ladurantaye *et al.*, 1990). La forte contamination des bélugas se fait vraisemblablement de façon prédominante par l'intermédiaire d'un maillon trophique supérieur à ceux analysés aux sites étudiés.

La présente étude a permis de caractériser les éléments les plus apparents de la faune benthique à certains sites utilisés régulièrement par les bélugas qui y présentent des comportements d'alimentation près du fond ou sur le fond. On y a trouvé certains organismes qui faisaient traditionnellement partie de la diète du béluga (Vladykov 1946). Cependant, leur densité et, surtout, leurs faibles teneurs en certains contaminants des plus abondants chez le béluga, suggèrent fortement que ces sites et leur faune ne sont pas une voie d'entrée directe majeure de produits toxiques pour la population des bélugas du Saint-Laurent. Par conséquent, il se pourrait que ce soit la faune pélagique, et plus particulièrement certaines espèces de poissons ubiquistes ou saisonniers, tels le hareng, le capelan, l'éperlan et l'anguille, qui constitue la principale voie d'entrée des contaminants chez les bélugas.

Cependant, la présente étude a fait une évaluation globale de la situation, en ne considérant que quelques sites, en limitant les analyses à certains types d'organismes, et en ne regardant pas les variations saisonnières probables dans la diversité et la biomasse des organismes benthiques ainsi que dans la disponibilité des contaminants. Il se peut en outre que certains phénomènes peu évidents, mais répandus à l'échelle de tout l'habitat, tel le séjour pélagique saisonnier de certaines polychètes adultes pour la reproduction, aient un impact significatif. Il n'est donc pas exclus que les communautés benthiques de l'estuaire aient un apport significatif, soit directement dans certains secteurs de l'habitat du béluga, soit indirectement par voie de bio-magnification chez l'ensemble des consommateurs proximaux du benthos et qui deviennent éventuellement des proies pour le béluga. Rappelons en outre que de décembre à mars, la majorité de la population de bélugas séjourne hors de l'aire centrale d'été où se situent les sites choisis pour cette étude (Michaud *et al.*, 1990).

Étant donnée l'importance primordiale de la qualité de l'habitat dans la survie de la population de bélugas, il faut poursuivre la caractérisation et la compréhension fonctionnelle de la structure des habitats principaux du béluga dans le Saint-Laurent. À cet effet, nous recommandons de :

1. Poursuivre la caractérisation des habitats benthiques les plus fréquentés par le béluga, et prioritairement en termes de proies potentielles. Cette caractérisation doit rendre compte des variations saisonnières, et doit par conséquent se faire sur une période plus longue que celle de l'étude présentée ici. On doit également adapter les méthodes d'échantillonnage pour obtenir de plus gros volumes biologiques pour affiner l'analyse des contaminants à l'étude de plusieurs niveaux des réseaux alimentaires. De plus, dans un premier temps, il serait préférable de réaliser quelques études dispersées sur l'ensemble de l'aire de distribution du béluga, afin de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse soulevée par la présente étude de l'innocuité générale des sources benthiques de contaminants.

2. Amorcer une étude des communautés pélagiques et épibenthiques dans l'habitat du béluga du Saint-Laurent, qui constituent probablement une source directe plus importante de contaminants que la faune benthique. Cette étude doit procéder d'une approche plus régionale, étant donné le caractère vagile des faunes considérées.

3. Organiser les études recommandées ci-haut à l'intérieur d'un schéma global d'étude, en termes d'espace et de temps, qui vise à assurer: premièrement, une identification d'organismes-clés dans les échanges énergétiques à travers les réseaux alimentaires de l'estuaire, et deuxièmement, un suivi à long terme de la situation des contaminants dans ces organismes. Ce type de schéma, couplé à la poursuite des analyses de contaminants dans les tissus des bélugas, est le seul qui permette de mesurer à l'échelle du béluga le succès des mesures de contrôle des sources industrielles, agricoles et municipales de contaminants.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. Daniel Lefebvre, Capitaine du "Bleuvet", et M. Frédéric Willème pour leur participation à l'échantillonnage sur le terrain. M. Willème a également assisté lors de la préparation de la campagne et pour le traitement des échantillons. Mme Luci Bossé, Responsable des collections à l'Institut Maurice-Lamontagne, a contribué par ses connaissances et ses collections lors de l'identification des organismes. Nous remercions Mme Patricia Pocklington pour l'identification des polychètes. MM. Bernard Long et Sylvain Leblanc, du Centre océanographique de Rimouski, nous ont aidés pour la caractérisation des sédiments. Nous remercions également M. Yves Lavergne et ses collaborateurs du Ministère des Pêches et des Océans pour la revision du manuscrit.

RÉFÉRENCES

Abbott, R.T. 1974. American Seashells - The Marine Mollusca of the Atlantic and Pacific Coast of North America. Van Nostrand Reinhold Co., N.Y. 663 p.

Barnes, R.D. 1980. Invertebrate Zoology (fourt edition). Gettysburg College ed., Philadelphia, Pennsyl-vania. 1089 p.

Béland P., S. De Guise, C. Girard, A. Lagacé, D. Martineau, R. Michaud, D. Muir , R. Norstrom , É. Pelletier , S. Ray and L. Shugart. *Sous presse*. Toxic compounds and health and repro-ductive effects in St. Lawrence beluga whales. Proc. Symp. Cause-Effects Relationships II, Jack Pine Warbler-J Michigan Audubon Soc.

Béland P. and D. Martineau. *Sous presse*. The beluga whale (*Delphinapterus leucas*) as integrator of the St. Lawrence basin contamination history. Proc. Intl. Conf. Bio-indicators: Exposure and effects. Oak Ridge Natl. Lab., Oak Ridge, Tennessee.

Breton M. et R. Michaud.1990. Distribution annuelle et caractérisation préliminaire des habitat du béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. *In* Symposium sur le Saint-Laurent. Collection Environnement et Géologie, vol.11. Messier, D., Legendre, P. et Delisle, C.E. éds. Association des biologiste du Québec. pp 253-269.

Cassie, R.M. 1972. Fauna and sediments of an intertidal mud-flat: An alternative multivariate analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 9: 55-64.

Couillard D. 1987. Qualité des sédiments en suspen-sion et de fond du système Saint-Laurent. Hydrol. Sci. J. 32(4): 445-467.

Cuff, W. and N. Coleman. 1979. Optimal survey design: lessons from a stratified random sample of macrobenthos. J. Fish. Res. Board Can. 36(4): 351-361.

DesGranges, J.-L., L. Ghanimé, S. Loranger et Mousseau, P. 1990. Caractérisation des unités biogéographiques du Saint-Laurent. *In* Symposium sur le Saint-Laurent. Collection Environnement et Géologie, vol.11. Messier, D., Legendre, P. et Delisle, C.E. éds. Association des biologiste du Québec. pp 183-202.

Giam, C.S., L.E. Ray, R.S. Anderson, C.R. Fries, R. Lee, J.M. Neff, J.J. Stegeman, P. Thomas and M.R. Tripp. 1987. Pollutant Responses in Marine Animals: The Program. *In* Pollutant Studies in Marine Animals. C.S. Giam and L.E. Ray (eds). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. p. 2-21.

Gosner, K.L. 1976. Guide to Identification of Marine and Estuarine Invertebrates. John Wiley & Sons Inc. New York. 693 p.

Holme, N.A. and A.D. McIntyre. 1984. Methods for the Study of Marine Benthos, 2nd edition. IBP Handbook 16, Blackwell Scientific Publ. London. 387 p.

Hughes, R.N., D.L. Peer and K.H. Mann. 1972. Use of Multivariate Analysis to Identify Functional Components of the Benthos in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. Limnol. Ocean. 17(1): 111-121.

Ladurantaye de, R., C. Desjardins, R. Nadeau, Y. Vigneault et J.-F. Larue. 1990. Les contaminants dans le fleuve Saint-Laurent: bilan des connaissances dans le système aquatique marin. *In* Symposium sur le Saint-Laurent. Collection Environnement et Géologie, vol.11. Messier, D., Legendre, P. et Delisle, C.E. éds. Association des biologiste du Québec. pp 105-134.

Lake, J.L., N.I. Rubinstein, H. Lee II, C.A. Lake, J. Heltshe and S. Pavignano. 1990. Equilibrium Partitioning and Bioaccumulation of Sediment-Associated Contaminants by Infaunal Organisms. Environ. Toxicol. Chem. 9: 1095-1106.

Legendre, L. et P. Legendre. 1984. Écologie numérique. Tome 2: La structure des données écolo-giques. Masson éd., les Presses de l'Université du Québec, Québec. 335 p.

Livingstone, D.R. 1985. Responses of the Detoxication/Toxication Enzyme Systems of Molluscs to Organic Pollutants and Xenobiotics. Mar. Poll. Bull. 16(4): 158-164.

Michaud R., A. Vézina, N. Rouleau et Y. Vigneault. 1990. Distribution annuelle et caractérisation préliminaire des habitats du béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. Rapport technique 1757 des sciences halieutiques et aquatiques, Ministère des Pêches et des Océans. 140 p.

Muir, D.C.G., T.G. Smith, R.F. Addison, M.E. Zinck and P. Béland. 1990. Organochlorine Contaminants in belugas, *Delphinapterus leucas*, from Canadian waters. pp. 165-190. *In* Smith T.G., D.J. St. Aubin, and J.R. Geraci (ed). Advances in research on the beluga whale, *Delphinapterus leucas*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 224.

Norstrom R.J., M. Simon and M.J. Mulvihill. 1986. A gel-permeation/column chromatography cleanup method for the determination of CDDs in animal tissue. Intern J Environ Anal Chem 23:267-287.

Pelletier, E., S. Ouellet and M. Pâquet. 1991. Long-Term Chemical and Cytochemical Assessment of Oil Contamination in Estuarine Intertidal Sédiments. Mar. Pollut. Bull. 22(6): 273-281.

Perkins, E.J. 1974. The Biology of Estuaries and Coastal Waters. Academic Press, London. 678 p.

Rivière, A. 1977. Méthodes granulométriques, techniques et interprétations. Chapitre 2: Étude des fractions fine. Masson éd., Collection Techniques et méthodes sédimentologiques. pp. 10-16.

Saila, S.B., R.A. Pikanowski and D.S. DVaughan. 1976. Optimum Allocation Strategies for Sampling Benthos in the New York Bight. Estuar. Coast. Mar. Sci. 4:119-128.

Schultz, G.A. 1969. How to Know the Marine Isopod Crustaceans. W.M.C. Brown publ., Dubuque, Iowa. 359 p.

Schulz D.F., G. Petrick and J.C. Duinker. 1989. Complete characterization of polychlorinated biphenyl congeners in commercial Aroclor and Clophen mixtures by multidimensional gas chromato-graphy-electron capture detection. Environ. Sci. Technol. 23:852-859.

Tanabe, S. 1988. PCB Problems in the Future: Foresight from Current Knowledge. Environ. Poll. 50: 5-28.

Tanabe, S. and R. Tatsukawa. 1988. Distribution, Behavior, and load of PCBs in the Oceans. *In* PCBs and the Environment, vol 1. J.S. Waid (ed). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. p. 143-161.

Vladykov, V.D. 1946. Études sur les mammifères aquatiques IV. Nourriture du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. Contrib. Dép. Pêch. Québec 17:1-155.

Walker, H.A., S.B. Saila and E.L. Anderson. 1979. Exploring Data Structure of New York Bight Benthic Data Using Post-Collection Stratification of Samples, and Linear Discriminant Analysis for Species Composition Comparisons. Estuar. Coast. Mar. Sci. 9: 101-120.

ANNEXE 1.

DESCRIPTION DES STATIONS, MISSION no.1

Stations de Kamouraska

SITE-STATION	DATE (année, mois, jour)	LATITUDE / LONGITUDE nord ouest	PROF. (m)[1]	% fraction fine	STRATE
K1	90-09-17	47° 38'. 33 / 69° 51'. 48	46.6 ± 0.3	65.52	1
K2	90-09-17	47° 37'. 62 / 69° 51'. 86	44.4 ± 0.3	77.25	1
K3	90-09-17	47° 37'. 43 / 69° 52'. 81	45.9 ± 0.3	20.26	1
K4	90-09-17	47° 37'. 10 / 69° 53'. 19	47.5 ± 0.3	55.69	1
K5	90-09-17	47° 37'. 05 / 69° 54'. 07	45.4 ± 0.3	56.83	1
K6	90-09-17	47° 37'. 10 / 69° 54'. 47	31.8 ± 0.3	62.22	2
K7	90-09-17	47° 37'. 30 / 69° 53'. 59	34.5 ± 0.3	73.78	2
K8	90-09-17	47° 37'. 77 / 69° 53'. 15	31.7 ± 0.3	67.64	2
K9	90-09-17	47° 38'. 24 / 69° 52'. 77	30.4 ± 0.3	67.38	2
K10	90-09-17	47° 38'. 72 / 69° 52'. 41	29.8 ± 0.3	75.92	2
K11	90-09-17	47° 37'. 65 / 69° 54'. 57	21.9 ± 0.3	70.57	3
K12	90-09-17	47° 35'. 62 / 69° 54'. 14	19.0 ± 0.3	33.25	3
K13	90-09-17	47° 35'. 13 / 69° 54'. 78	19.4 ± 0.3	25.63	3
K14	90-09-17	47° 34'. 88 / 69° 55'. 39	19.0 ± 0.3	32.79	3
K15	90-09-17	47° 34'. 75 / 69° 56'. 36	20.5 ± 0.3	42.77	3

K = Kamouraska

[1] Profondeur à marée basse (calculée à partir de l'amplitude de marée pendant la période d'échantillonnage). Le degré de précision du sondeur est de ± 0.3 m.

Stations de l'Ile-aux-Fraises

SITE-STATION	DATE (année, mois, jour)	LATITUDE / LONGITUDE nord ouest	PROF. (m)[1]	% fraction fine	STRATE
F1	90-09-18	47° 44'. 34 / 69° 51'. 87	84.9 ± 1.0	28.31	1
F2	90-09-18	47° 44'. 85 / 69° 51'. 34	88.0 ± 1.0	39.66	1
F3	90-09-18	47° 45'. 17 / 69° 50'. 95	79.6 ± 1.0	33.76	1
F4	90-09-18	47° 35'. 54 / 69° 50'. 59	84.9 ± 1.0	25.23	1
F5	90-09-18	47° 45'. 98 / 69° 50'. 13	79.5 ± 1.0	21.31	1
F6	90-09-18	47° 45'. 84 / 69° 50'. 02	48.5 ± 1.0	40.98	2
F7	90-09-18	47° 45'. 21 / 69° 50'. 58	48.0 ± 1.0	50.42	2
F8	90-09-18	47° 44'. 78 / 69° 51'. 10	52.4 ± 1.0	55.19	2
F9	90-09-19	47° 44'. 46 / 69° 51'. 54[2]	57.0 ± 1.0	13.85	2
F10	90-09-19	47° 44'. 03 / 69° 51'. 97	56.5 ± 1.0	45.90	2
F11	90-09-19	47° 44'. 02 / 69° 51'. 57	32.8 ± 0.3	51.60	3
F12	90-09-19	47° 44'. 47 / 69° 51'. 08	34.0 ± 0.3	55.78	3
F13	90-09-19	47° 44'. 88 / 69° 50'. 63	32.9 ± 0.3	49.42	3
F14	90-09-19	47° 45'. 31 / 69° 50'. 27	35.0 ± 0.3	48.97	3
F15	90-09-19	47° 45'. 90 / 69° 49'. 69	35.7 ± 0.3	26.20	3

F = Ile-aux-Fraises

[1] Profondeur à marée basse (calculée à partir de l'amplitude de marée pendant la période d'échantillonnage)

[2] Position initiale, avant la dérive

Stations de Saint-Simon

SITE-STATION	DATE (année, mois, jour)	LATITUDE / LONGITUDE nord ouest	PROF. (m)[1]	% fraction fine	STRATE*
S1	90-09-19	48° 16'. 18 / 69° 07'. 24	31.4 ± 0.3	27.92	1
S10	90-09-20	48° 13'. 84 / 69° 10'. 08	31.9 ± 0.3	—	1
S11	90-09-20	48° 14'. 15 / 69° 09'. 53	33.5 ± 0.3	26.47	1
S12	90-09-20	48° 14'. 60 / 69° 09'. 10	36.9 ± 0.3	16.83	1
S13	90-09-20	48° 14'. 92 / 69° 08'. 56	37.0 ± 0.3	19.29	1
S14	90-09-20	48° 15'. 34 / 69° 08'. 07	35.6 ± 0.3	20.46	1
S2	90-09-19	48° 15'. 60 / 69° 06'. 02	27.0 ± 0.3	35.19	2
S3	90-09-19	48° 15'. 31 / 69° 06'. 62	27.8 ± 0.3	31.81	2
S4	90-09-19	48° 14'. 99 / 69° 07'. 17	30.2 ± 0.3	32.69	2
S5	90-09-20	48° 14'. 61 / 69° 07'. 67	30.8 ± 0.3	—	2
S6	90-09-20	48° 14'. 29 / 69° 08'. 36	31.4 ± 0.3	46.47	2
S7	90-09-20	48° 13'. 93 / 69° 08'. 81	33.0 ± 0.3	—	2
S8	90-09-20	48° 13'. 63 / 69° 09'. 46	32.7 ± 0.3	31.13	2
S9	90-09-20	48° 13'. 27 / 69° 09'. 88	32.6 ± 0.3	6.25	2

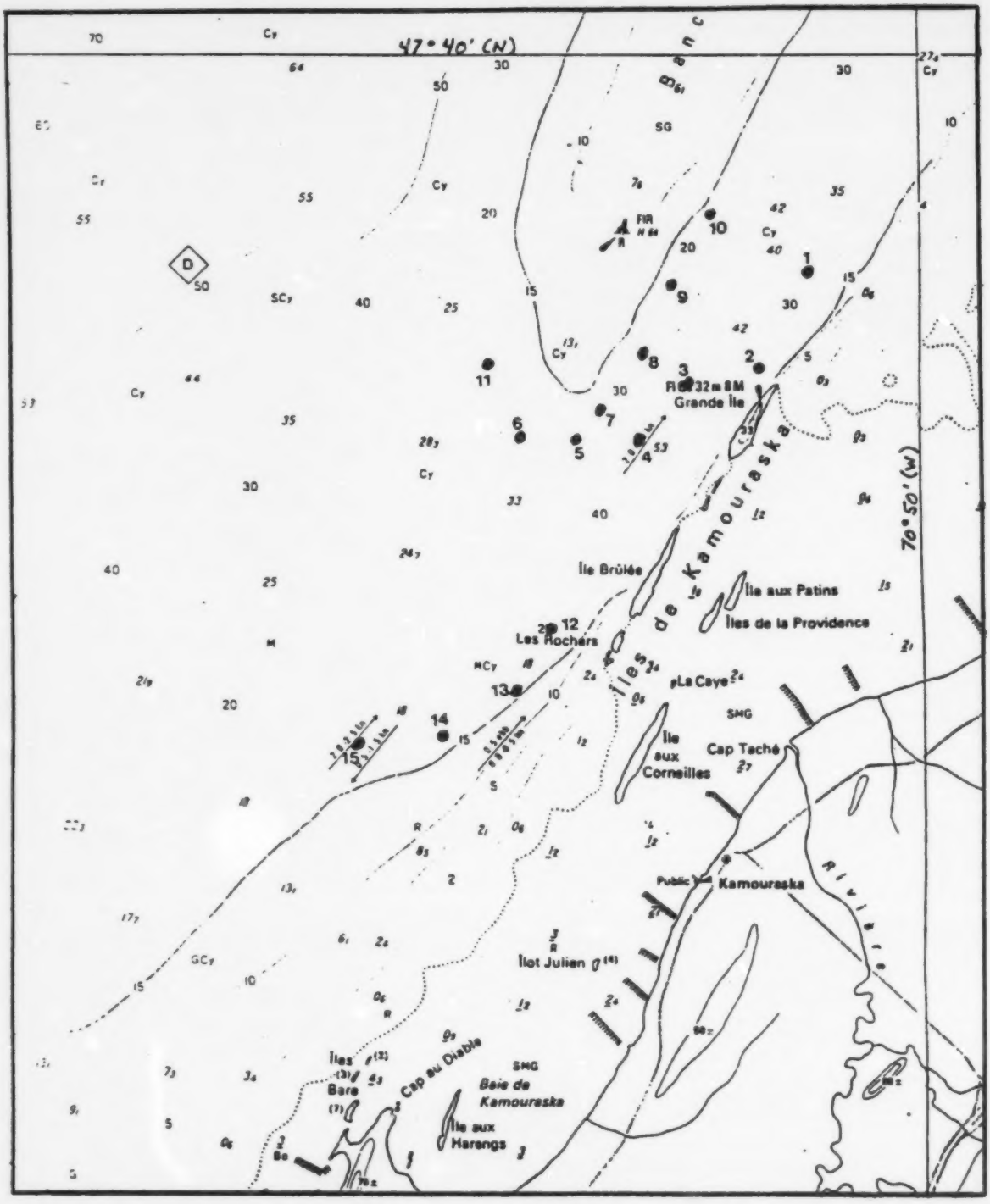
S = Saint-Simon-sur-Mer

[1] Profondeur à marée basse (calculée à partir de l'amplitude de marée pendant la période d'échantillonnage)

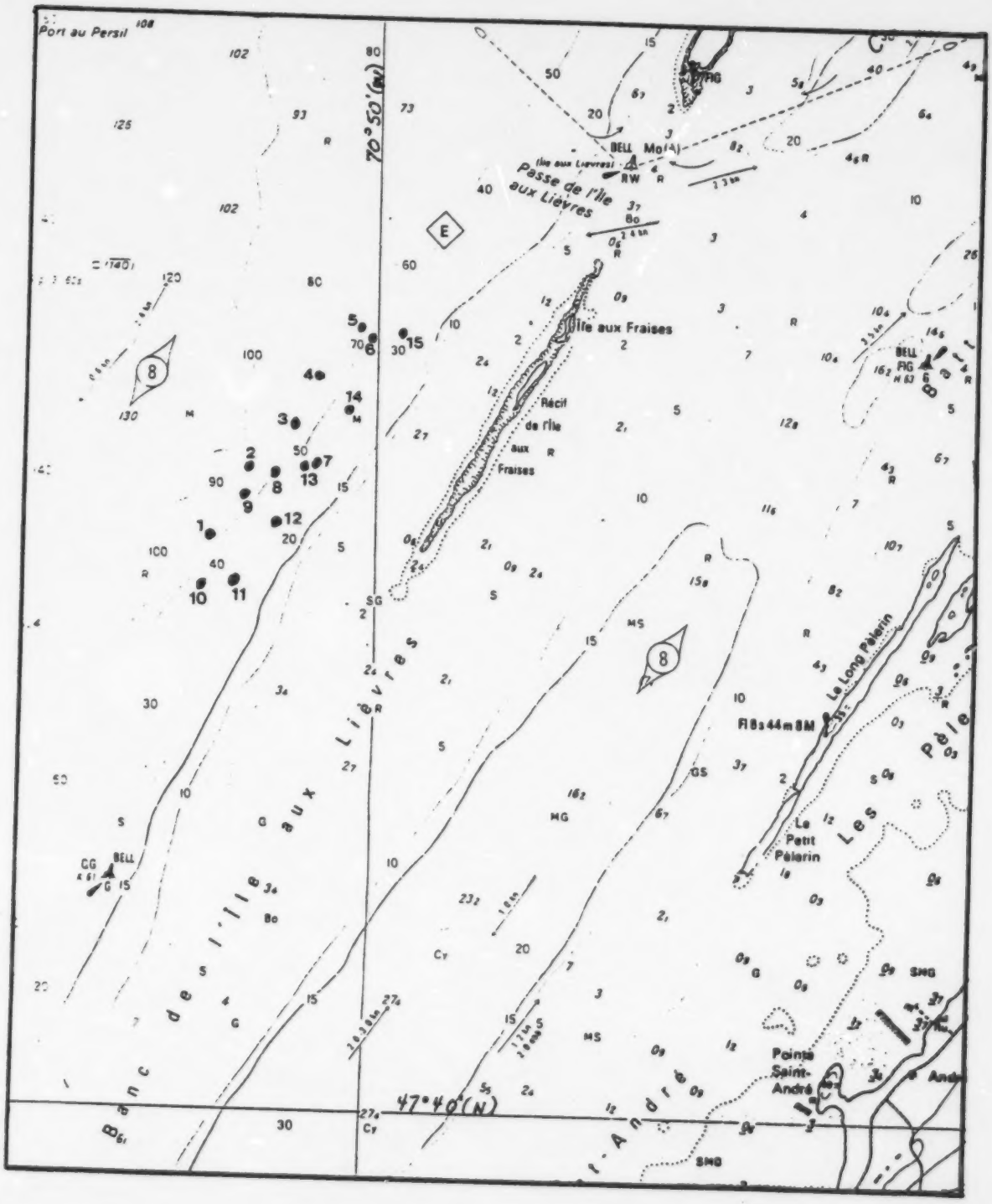
* Les strates de ce site se définissent en fonction de la distance de la côte et non de la profondeur. La strate 1 est située à environ 3.5 milles nautiques, alors que la strate 2 se trouve à environ 2.5 milles.

ANNEXE 2

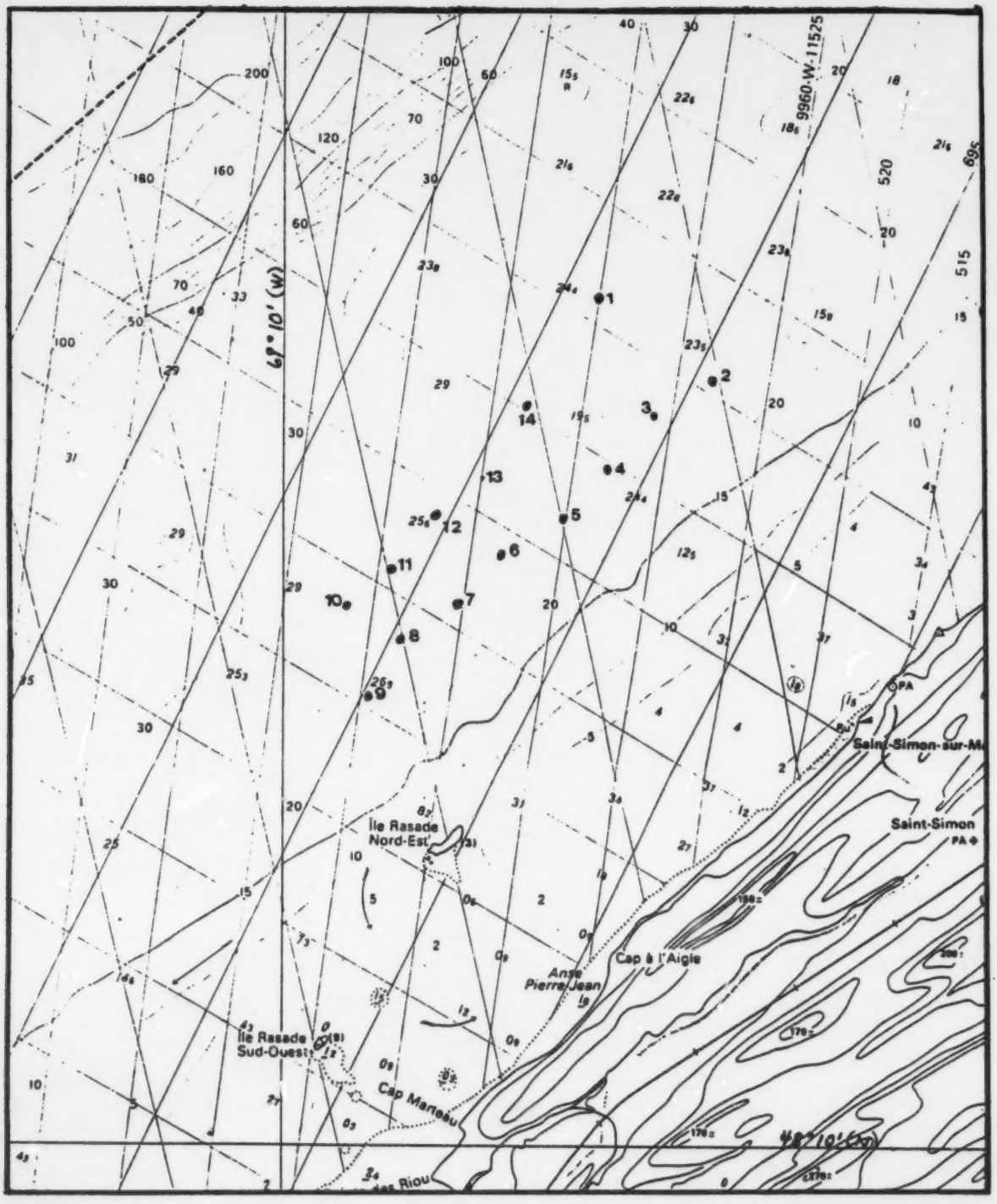
CARTES DES SITES ET DES STATIONS



CARTE 1. Site de Kamouraska, locations des stations de la mission no1.



CARTE 2. Site de l'Ile-aux-Fraises, locations des stations de la mission no1.



CARTE 3. Site de Saint-Simon, locations des stations de la mission no1.

ANNEXE 3.

LISTES TAXONOMIQUES

LISTE DES TAXONS, site de Kamouraska

EMBRANCHEMENT / CLASSE	Genre espèce	Nombre	stations
ANNILIDA			
POLYCHAETA			
	Ampharete acutifrons	121	1,2,5,7-15
	Ampharete sp.	3	6
	Amphitrite cirrata	2	2
	Aricidea albatrossae	1	2
	Aricidea suecica	1	4
	Clymenura borealis	1	5
	Clymenura sp.	2	6.7
	Eteone flava	1	7
	Eteone heteropoda	1	9
	Eteone longa	3	4,7,10
	Harmothoe imbricata	3	2
	Laonice cirrata	1	7
	Leaena ebranchiata	1	10
	Lumbrineris fragilis	3	3,4,7
	Lumbrineris impatiens	1	15
	Lumbrineris sp.	1	13
	Lumbrineris tenuis	2	5.12
	Maldanidae (fam), fragments	2	1.5
	Maldane sarsi	503	2,5,6,7,8,10-12
	Microspio sp.	3	13
	Neoamphitrite affinis	1	10
	Nephtys caeca	1	15
	Nephtys ciliata	2	6
	Nereidae (fam), forme sexuelle	1	14
	Nicomache lumbricalis	3	1.2
	Phyllodocidae (fam)	1	2
	Polycirrus eximius (groupe)	1	15
	Polycirrus sp.	1	5
	Praxillella praetermissa	9	6.13
	Praxillella sp. (fragments)	5	1,2,10,15
	Proclea graffi	30	1,2,6,9,10,12
	Rhodine sp.	10	2,5,8,10,12,13,15
	Scalibregma inflatum	2	9,10,
	Scoloplos armiger	19	5,8,9,10,13,15
	Spio ? setosa	1	4

Syllis gracilis	13	1,2,4,5,7
Terebellides stroemi	175	1,2,5-15
Tharynx sp.	2	5.7
Trochochaeta sp.	18	1,2,5,7,8,9
ARTHROPODA		
CRUSTACEA		
Ampelisca macrocephala	3	3
AMPHIPODA (ordre)	3	2.6
Calathura branchiata	1	1
Centromedon pumilus ?	2	10.12
Crangan septemspinosus	1	8
Diastylis rathkei	2	9
Haploops tubicola	5	2,8,9
Ischyrocerus latipes	1	2
Lysianassidae (fam)	1	2
Maera loveni	6	8,9,15
Oediceros borealis ?	3	4
Photis reinhardi	1	1
Phoxocephalus holbolli	12	2,3,4,5,6
Synidotea marmorata	2	9.11
Synidotea nodulosa	1	10
OSTRACODA (sous-classe)	16	2,4,5,6
BRACHIOPODA		
ARTICULATA		
*Hemithiris psittacea**	1	5
ECHINODERMATA		
OPHIUROIDEA		
Ophiura sp.	32	1,2,5-9,11
Stegophiura nodosa	2	10
MOLLUSCA		
BIVALVA		
Astarte borealis	1	8
Astarte elliptica	10	1,5,8,11,15
Astarte montagui	1	1
Astarte subequilatera	1	1
*Clinocardium ciliatum**	1	4
Crenella faba	1	3
*Liocyma fluctuosa**	2	5,10,

Lyonsia arenosa	5	6,9,10,15
Macoma balthica	1	5
Macoma calcarea	16	2,7,9,11,13-15
*Mya arenaria**	8	3,4,8,9,11
*Mya sp.**	2	10.15
*Mytilus edulis**	2	3,10,
Pandora gouldiana	1	11
*Panomya arctica ?**	2	15
Thyasira flexuosa	15	1-4,8,10-12
Yoldia myalis	34	1-6,8,11,13,15
GASTEROPODA		
Admete couthouyi	2	6
*Admete couthouyi**	3	2.4
*Buccinum groenlandicum ?**	3	4,7,11
*Buccinum sp.**	1	2
*Buccinum tenue**	2	4
Buccinum undata	1	5
Cylichna alba	2	6.11
*Littorina obtusata**	11	2.4
Lunacia pallida	1	11
*Lunacia pallida**	2	4
*Lunacia sp.**	2	2
Margarita sp.	1	4
Natica clausa	2	10.11
*Natica clausa**	1	2
*Oenopota pyramidalis**	2	1
NEMATODA	4	1,2,15
NEMERTEA (fragments)	9	1,2,11,12
SIPUNCULIDA	2	11
Phascolosoma sp.	4	4,5,6,10

* Indique les coquilles vides. Ces coquilles figurent dans la liste à titre indicatif seulement. Elles n'ont pas été considérées dans les analyses.

LISTE DES TAXONS, site de l'Ile-aux-Fraises

EMBRANCHEMENT / CLASSE	Genre espèce	Nombre	stations
ANNELIDA			
POLYCHAETA			
	Ampharete acutifrons	5	7,13,15
	Ampharete baltica	10	5,11,14
	Ampharete lindstroemi	2	2
	Ampharete sp.	7	4,5,6,11,12
	Anobothrus gracilis	3	13
	Aricidea sp.	1	4
	Aricidea suecica	3	5
	Axionice maculata	85	1,6,7,9,11-15
	Brada granosa	2	1,6
	Brada villosa	1	14
	Chone duneri	64	8,10-15
	Chone sp.	7	3,6,7
	Enipo gracilis	2	1,9
	Eteone longa	11	2,4,7,9,11
	Eteone trilineata	1	5
	Euchone infundibuliformis	1	1
	Euchone papillosa	1	5
	Euchone sp.	2	2,5
	Gattyana cirrosa	1	2
	Goniada maculata	2	1,3
	Harmothoe extenuata	6	12,14
	Harmothoe fragilis	6	6,7,8,9
	Harmothoe imbricata	15	4,5,7,9,11-14
	Jasminiera elegans	30	1,3,6-8,12-14
	Lanassa venusta	20	5,6,10-13
	Laonice cirrata	27	1-6,8,10,12,15
	Laonome kroyeri	1	15
	Laphania boecki	4	2,8,14
	Lumbrineris fragilis	3	3,5,11
	Lysippe labiata	1	1
	Maldane sarsi	972	toutes
	Maldanidae (fam)	2	3,11
	Melina elizabethae	14	1,5,6,10,11,13
	Nephtys ciliata	7	1,11,13-15
	Nereis pelagica	1	1
	Nicomache lumbricalis	20	1,4-6,8,9,11
	Nothria conchylega	1	6

Owenia fusiformis	26	1,2,6,7,10,12-14
Owenia oculata	2	5
Oweniidae (fam)	2	1,5
Pectinaria granulata	2	1,4
Pherusa plumosa	3	5,14
Pholoe minuta	2	1
Potamilla neglecta	9	2,6,8,9,13,15
Praxillella gracilis	4	6,8
Praxillura longissima	72	4-7,9-13
Proclea graffi	42	2,5,9,11-14
Pseudopotamilla reniformis	1	15
Rhodine sp.	7	2,6,8-10,13,14
Scalibregma inflatum	2	6
Scoloplos armiger	3	1,6,13
Sphaerodorum flavum	3	6,7
Syllis cornuta	65	1,2,4-14
Terebellidae (fam)	5	3,7,9
Terebellides stroemi	85	1-4,6-15
Thelepus cincinnatus	6	5
ARTHROPODA		
CRUSTACEA		
AMPHIPODA (ordre)	3	8,10,
Byblis gaimardi	4	4,5,14
Calathura branchiata	37	toutes sauf 1 et 14
CAPRELLIDA (ordre)	2	10,14
Ericthonius rubricornis ?	2	5
Halcaridae (fam)	5	2,3,8
Haploops tubicola	56	toutes sauf 1
Ischirocerus latipes	6	1,13,14
Lysianassidae (fam)	5	14,15
Oediceros borealis ?	7	2,4,5,15
Photis reinhardi	12	4,9,10,12-14
Phoxocephalus holbolli	33	1-6,8,9,11-13,15
Pleustomesus medius	2	13
Shyrapus anomalus	1	9
Sphyrapus anomalus	1	2
Tiron spiniferum	2	2
OSTRACODA (sous-classe)	100	toutes
BRACHIOPODA		
ARTICULATA		
*Hemithiris psittacea**	7	14,15

ECHINODERMATA		
HOLOTHUROIDEA		
Pentamera calcigera	15	3,11-15
OPHIUROIDEA		
Ophiacantha bidentata	4	4,14
Ophiopholis aculata	1	6
Ophiura robusta	9	4,5,6,8
Ophiura sarsi	?	1,2-10
Ophiura sp.	10	11,12-15
Stegophiura nodosa	23	11,12-14
MOLLUSCA		
BIVALVA		
Astarte alaskensis	1	10
Astarte borealis	11	12,14
Astarte elliptica	47	4,6,8-11,13-15
Astarte montagui	8	4,6,7,11,14
Astarte subequilatera	1	14
Clinocardium ciliatum	3	1,14
Crenella faba	2	3,4
*Cyclocardia borealis**	1	5
*Cyrtodaria siliqua ?**	1	12
Dacrydium vitreum	2	5,8
Hiatella arctica	1	1
Liocyma fluctuosa	1	1
Lyonsia arenosa	10	2,3,5,7,8,12
Macoma calcarea	7	1,4,6,7,8
Musculus discors	7	5,6,7,11
Musculus niger	3	6,12
*Mya arenaria**	2	2,6
*Mya truncata**	1	3
*Mytilus edulis**	1	9
Nucula tenuis	3	4,8
Nuculana minuta	1	14
Nuculana tenuisulcata	15	1-5,7,9,11
Pandora gouldiana	1	11
Serripes groenlandicus	1	3
Tellina agilis	1	15
Thyasira flexuosa	74	toutes sauf 13
Yoldia myalis	173	toutes
GASTEROPODA		
Admete couthouyi	12	1,3,4,6,10,11,13,15
*Admete couthouyi**	6	6,9,14,15
*Boreotrophon clathratus**	1	15

	*Buccinum cyaneum**	3	14
	*Buccinum sp.**	4	8,14,15
	Buccinum undatum	1	12
	Bulbus smithii	4	5,12
	*Bulbus smithii**	1	3
	Cingula moerchi	1	13
	*Cingula moerchi**	3	14
	*Cylichna alba**	1	12
	Margarites groenlandicus	1	2
	Natica clausa	3	2,10,
	*Natica clausa**	6	1,3,4,14,15
	Oenopota pyramidalis	2	5,13
	*Oenopota pyramidalis**	2	14,15
	Solariella varicosa	1	8
	Trichotropis borealis	4	11,12,15
	*Trichotropis borealis**	11	6,7,8,11,12,14
	Velutina undata	2	11,14
NEMERTEA		22	1,4-12,14,15
PRIAPULIDA		5	1,11
SIPUNCULIDA		20	1-5,7,10,12,14,15
	Petaloproctus sp.	2	5,6

* Indique les coquilles vides. Ces coquilles figurent dans la liste à titre indicatif seulement. Elles n'ont pas été considérées dans les analyses.

LISTE DES TAXONS, site de Saint-Simon

EMBRANCHEMENT / CLASSE	Genre espèce	Nombre	stations
ANNELIDA			
POLYCHAETA			
	Ampharete acutifrons	1	11
	Ampharete sp.	3	2,12,13
	Anobothrus gracilis	6	8,10,11,13
	Aricidea sp.	1	11
	Asabellides sp.	4	3,11,12,13
	Axionice maculata	2	1,3
	Brada sp.	1	7
	Chone duneri	2	1,14
	Eteone longa	3	4,7,13
	Glyphanostomum pallescens ?	1	4
	Goniada maculata	2	8,9
	Goniada sp.	2	10
	Harmothoe imbricata	5	1,5,10,14
	Jasminiera sp.	1	11
	Laonice cirrata	3	3,6,13
	Laphania boecki	3	4,6,11
	Leaena ebranchiata	1	4
	Lumbrineris fragilis	1	10
	Lumbrineris tenuis	1	1
	Lysilla loveni	1	1
	Lysippe labiata	14	4,7,8,10,11,13,14
	Maldane sarsi	15	1,2,3,11,13,14
	Maldanidae (fam)	8	4,8,10,13
	Melina elizabethae	3	1,13
	Nephtys ciliata	28	1-10,13,14
	Ophelina acuminata	1	5
	Owenia fusiformis	1	7
	Petaloproctus tenuis	1	1
	Pista cristata	1	10
	Proclea graffi	1	9
	Rhodine sp.	5	3,4
	Scalibregma inflatum	5	1,7,13
	Scoloplos armiger	3	8,11
	Spiochaetopterus typicus	1	4
	Sternaspis scutata	5	2,4,6
	Terebellidae (fam)	1	5
	Terebellides stroemi	23	1-3,5-8,10-13
	Thelepus cincinnatus	4	8,13,14

ARTHROPODA		
CRUSTACEA		
Byblis gaimardi	92	toutes
Diastylis rathkei	3	6,8,9
Diastylis sculta	1	2
Haploops tubicola	2	1,2
Lysianassidae (fam)	1	12
Oedicerotidae (fam)	1	12
Phoxocephalus holbolli	4	12,14
Pleustomesus medius	1	1
Protomedeia fasciata	3	12
Protomedeia grandimana	2	2,5
Protomedeia stephenseni	3	2,10,
Syrrhoe crenulata	2	14
OSTRACODA (sous-classe)	1	1
CHORDATA		
ASCIDIACEA		
Pelonaia corrugata	1	2
ECHINODERMATA		
HOLOTHUROIDA		
Pentamera calcigera	3	1,10,13
OPHIUROIDEA		
Ophiacantha bidentata	7	4,10,11,12,14
Ophiura sarsi	15	6,7,8,9
MOLLUSCA		
BIVALVA		
Astarte alaskensis	1	3
Astarte borealis	4	2,11,13
Astarte elliptica	4	3,6,10
Astarte subequilatera	4	1,3,12
Astarte undata	8	1,2
Astarte undata ? (très petits)	2	14
Clinocardium ciliatum	8	1,3,5,8,13
Liocyma fluctuosa	1	11
Macoma balthica	4	6,10,12
Musculus discors ?	3	1
Musculus niger	2	',14
*Mya arenaria**	1	6
*Mytilus edulis**	1	2
Nucula tenuis	4	1,3,11,13

Nuculana minuta	1	1
Nuculana pernula	3	3,6,14
Nuculana tenuisulcata	1	4
*Pandora gouldiana**	1	10
Periploma fragile	1	14
Serripes groenlandicus	11	1,3-6,10,12-14
Tellina agilis	10	2,9,10,13
Thyasira flexuosa	114	toutes sauf 12
GASTEROPODA		
Admete couthouti	2	3,7
*Admete couthouti**	2	4,13
Buccinum lyaneum	1	9
*Buccinum sp.**	2	13
Buccinum tenue	1	2
*Buccinum undatum**	1	4
Cylichna alba	1	13
*Littorina obtusata**	1	8
Littorina sp.	1	14
*Lora viridula**	2	3,4
*Natica clausa ?**	1	1
*Natica clausa**	1	5
*Oenopota decusata**	1	9
*Oenopota pyramydalis**	4	7,9,13
NEMERTEA	2	1,7

* Indique les coquilles vides. Ces coquilles figurent dans la liste à titre indicatif seulement. Elles n'ont pas été considérées dans les analyses.

ANNEXE 4.

DONNÉES DÉTAILLÉES SUR LES CONTAMINANTS

Pesticides chlorés retrouvés dans les organismes benthiques. Valeur en ng/g (poids humide).

	organisme: OPHIURES						
COMPOSÉS	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM
Alpha BHC	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	0.3	0.1
Gamma-BHC	0.2	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
Beta-BHC	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
Delta-BHC	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0
BHC totaux	0.7	0.2	0.7	0.2	0.4	0.4	0.2
Heptachlore	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Heptachlore epoxide	0.9	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0
Heptachlore totaux	0.1	0.3	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0
DDE(+dieldrin)	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0
DDD	0.2	0.4	0.7	0.6	0.4	0.7	0.0
DDT	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.1
DDT totaux	0.8	0.9	1.4	1.2	1.1	1.6	0.0
Endrin	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	2.2
Endrin aldehyde	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1
Endrin ketone	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0
Endrin totaux	0.4	0.1	0.1	2.5	0.3	0.2	2.3
pesticides totaux	2.0	1.5	2.2	3.9	2.1	2.3	2.7

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

Pesticides chlorés retrouvés dans les organismes benthiques. Valeur en ng/g (poids humide).

	organismes: BIVALVES						
COMPOSÉS	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM
Alpha BHC	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.2	0.1
Gamma-BHC	0.6	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1
Beta-BHC	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Delta-BHC	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.0
BHC totaux	1.5	0.3	0.8	0.9	0.3	0.4	0.2
Heptachlore	0.3	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.1
Heptachlore epoxide	0.3	0.0	0.1	0.8	0.2	0.4	0.0
Heptachlore totaux	0.6	0.0	0.2	1.1	0.2	0.4	0.2
DDE(+dieldrin)	0.2	0.3	0.6	1.5	0.9	0.4	0.1
DDD	0.3	0.7	1.0	2.3	1.0	1.3	0.1
DDT	0.0	0.4	0.2	0.8	0.6	1.6	0.1
DDT totaux	0.5	1.3	1.8	4.5	2.5	3.3	0.2
Endrin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
Endrin aldehyde	0.4	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.1
Endrin ketone	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
Endrin totaux	0.5	0.0	0.4	0.2	0.1	0.1	1.0
pesticides totaux	3.1	1.6	3.2	6.7	3.0	4.2	1.6

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

Pesticides chlorés retrouvés dans les organismes benthiques. Valeur en ng/g (poids humide).

	organismes: GASTÉROPODES						
COMPOSÉS	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM
Alpha BHC	0.5	—	0.5	0.3	0.4	0.2	—
Gamma-BHC	0.4	—	0.0	0.2	0.0	0.0	—
Beta-BHC	0.3	—	0.2	0.2	0.1	0.1	—
Delta-BHC	0.4	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—
BHC totaux	1.6	—	0.7	0.7	0.5	0.4	—
Heptachlore	0.3	—	0.0	0.0	0.1	0.0	—
Heptachlore epoxide	0.7	—	0.0	0.4	0.0	0.3	—
Heptachlore totaux	1.1	—	0.0	0.4	0.1	0.3	—
DDE(+dieldrin)	1.0	—	0.6	0.4	0.0	0.4	—
DDD	6.1	—	3.1	1.7	5.4	2.3	—
DDT	2.3	—	0.3	1.2	2.2	1.1	—
DDT totaux	9.4	—	4.0	3.3	7.6	3.9	—
Endrin	0.0	—	0.0	0.0	0.0	(2.1)	—
Endrin aldehyde	0.0	—	1.7	0.0	0.3	0.2	—
Endrin ketone	0.2	—	0.1	0.0	0.2	0.2	—
Endrin totaux	0.2	—	1.9	0.0	0.5	2.5	—
pesticides totaux	12.3	—	6.6	4.3	8.7	(7.1)	—

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

Pesticides chlorés retrouvés dans les organismes benthiques. Valeur en ng/g (poids humide).

	organismes		
	POISSONS		CREVETTE
COMPOSÉS	KAM-3	FRAI-1	SIM
Alpha BHC	0.5	0.4	0.2
Gamma-BHC	0.0	0.3	0.1
Beta-BHC	0.1	0.1	0.1
Delta-BHC	0.0	0.0	0.2
BHC totaux	0.6	0.8	0.6
Heptachlore	0.0	0.2	0.2
Heptachlore epoxide	0.4	0.3	0.3
Heptachlore totaux	0.4	0.6	0.6
DDE(+dieldrin)	0.6	0.5	0.8
DDD	1.2	1.2	0.1
DDT	1.6	1.6	1.7
DDT totaux	3.4	3.3	2.6
Endrin	0.0	0.0	0.0
Endrin aldehyde	0.0	0.3	0.2
Endrin ketone	0.0	0.1	0.2
Endrin totaux	0.0	0.3	0.4
pesticides totaux	4.3	5.0	4.2

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

Pesticides chlorés retrouvés dans les sédiments. Valeur en ng/g (poids sec).

COMPOSÉS	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM
Alpha BHC	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gamma-BHC	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
Beta-BHC	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Delta-BHC	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
BHC totaux	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2
Heptachlore	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heptachlore epoxide	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Heptachlore totaux	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
DDE(+dieldrin)	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
DDD	0.9	1.0	1.2	0.4	0.6	0.2	1.4
DDT	1.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1	0.5
DDT totaux	2.0	1.5	1.5	0.5	0.9	0.3	2.0
Endrin	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Endrin aldehyde	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Endrin ketone	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2
Endrin totaux	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.2
pesticides totaux	2.3	1.9	1.9	0.8	2.1	0.4	2.4

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

HAP retrouvés dans les organismes benthiques. Valeur en ng/g (poids humide).

	organismes						
	OPHIURES				GASTÉROPODES		BIVALVES
COMPOSÉS	KAM-1	KAM-2	FRAI-1	FRAI-2	SIM	FRAI-3	SIM
Naphtalène	0	0	0	0	0	0	6
Acénaphtalène	0	0	0	0	0	0	0
Acènaphtène	0	0	0	0	0	0	0
Fluorène	0	0	0	16	0	0	0
Phénanthrène	4	0	0	5	31	7	0
Anthracène	4	12	0	4	2	0	0
Fluoranthène	6	5	6	23	0	18	7
Pyrène	10	6	0	7	9	19	45
Benzo(a)anthracène	0	0	0	0	0	13	0
Chrysène	8	6	5	5	3	6	5
Benzo(b)fluoranthène	6	7	0	0	0	7	0
Benzo(b)fluoranthène	1	2	5	2	1	5	6
Benzo(a)pyrène	2	3	4	2	1	6	4
Indeno(1,2,3 cd)pyrène	3	3	5	0	2	5	5
Dibenzo(a,h)anthracène	0	0	0	0	0	0	0
Benzo(ghi)pérylène	3	3	9	4	4	8	5
pesticides totaux	47	47	34	68	53	94	83

HAP retrouvés dans les sédiments . Valeur en ng/g (poids sec).

COMPOSÉS	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM
Naphtalène	1	1	1	0	1	2	1
Acénaphtalène	1	0	0	0	1	2	0
Acènaphtène	1	0	1	0	1	2	1
Fluorène	1	1	1	0	1	2	1
Phénanthrène	13	9	5	3	5	5	9
Anthracène	4	4	2	5	2	3	2
Fluoranthène	24	25	10	8	14	9	19
Pyrène	40	44	14	18	35	15	36
Benzo(a)anthracène	4	18	6	3	10	3	10
Chrysène	24	29	10	6	16	6	20
Benzo(b)fluoranthène	3	54	24	5	9	3	66
Benzo(b)fluoranthène	24	8	3	8	17	8	1
Benzo(a)pyrène	13	16	7	5	9	3	21
Indeno(1,2,3 cd)pyrène	10	19	7	3	6	4	15
Dibenzo(a,h)anthracène	7	1	7	4	8	4	15
Benzo(ghi)pérylène	7	23	8	2	5	2	17
pesticides totaux	177	252	106	70	140	73	234

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

BPC retrouvés dans les sédiments. Valeur en ng/g (poids sec).

Congénères	KAM-1 (13)*	KAM-2 (7)*	KAM-3 (1)*	FRAI-1 (15)*	FRAI-2 (7)*	FRAI-3 (1)*	SIM (4)*	Total
dichlorobiphenyls	0.77	1.57	1.17	1.00	0.73	0.33	0.60	6.17
trichlorobiphenyls	1.90	3.56	7.82	1.27	1.79	1.74	1.82	19.90
tetrachlorobiphenyls	5.17	5.54	6.02	1.68	4.19	3.89	4.34	30.83
pentachlorobiphenyls	6.44	9.24	5.75	2.70	6.84	4.16	5.72	40.85
hexachlorobiphenyls	3.92	4.68	3.27	2.78	4.29	3.26	3.32	25.52
heptachlorobiphenyls	2.33	2.75	1.64	0.69	1.72	1.79	1.59	12.51
octachlorobiphenyls	0.53	0.72	0.37	0.16	0.67	1.02	0.47	3.94
nonachlorobiphenyls	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.25
Total strate	20.50	26.50	28.60	10.7	20.50	15.80	17.1	139.70

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.
* désigne le numéro de la station, à l'intérieur de la strate, d'où proviennent les sédiments.

BPC retrouvés dans les organismes. Valeur en ng/g (poids humide).

	organisme: BIVALVES							
Congénères	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM	Total
dichlorobiphenyls	—	0.30	0.27	0.87	0.20	3.40	0.27	5.04
trichlorobiphenyls	—	0.50	0.79	3.48	0.77	14.89	0.70	21.13
tetrachlorobiphenyls	—	2.98	3.03	7.72	1.83	36.09	1.28	52.93
pentachlorobiphenyls	—	9.61	5.68	14.32	8.93	18.39	2.19	59.12
hexachlorobiphenyls	—	7.63	3.47	11.38	3.37	10.81	1.63	38.29
heptachlorobiphenyls	—	1.71	1.40	5.75	1.52	3.58	0.21	14.17
octachlorobiphenyls	—	0.46	0.40	6.90	0.67	2.40	0.23	11.06
nonachlorobiphenyls	—	0.20	0.00	0.60	0.00	0.30	0.00	1.1
Total strate	—	23.39	17.10	50.70	17.40	89.60	6.60	204.50

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

BPC retrouvés dans les organismes. Valeur en ng/g (poids humide).

organisme: GASTÉROPODES

Congénères	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM	Total
dichlorobiphenyls	6.30	—	3.00	0.40	2.27	0.77	—	12.74
trichlorobiphenyls	6.17	—	13.35	0.67	1.53	0.78	—	22.50
tetrachlorobiphenyls	9.88	—	31.45	2.63	5.85	4.12	—	53.93
pentachlorobiphenyls	15.61	—	57.76	11.24	39.77	19.63	—	144.01
hexachlorobiphenyls	18.88	—	40.58	7.24	20.48	11.07	—	98.25
heptachlorobiphenyls	1.30	—	12.73	2.33	6.69	2.37	—	25.42
octachlorobiphenyls	0.10	—	3.32	0.70	1.09	0.44	—	5.65
nonachlorobiphenyls	0.00	—	0.05	0.10	0.05	0.10	—	0.30
Total strate	58.40	—	151.60	27.3	77.20	41.40	—	355.90

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

BPC retrouvés dans les organismes. Valeur en ng/g (poids humide).

	organisme: OPHIURES							
Congénères	KAM-1	KAM-2	KAM-3	FRAI-1	FRAI-2	FRAI-3	SIM	Total
dichlorobiphenyls	0.60	0.03	0.47	4.50	0.47	0.10	0.13	6.3
trichlorobiphenyls	0.88	0.17	0.94	1.27	0.88	0.37	0.17	4.68
tetrachlorobiphenyls	4.37	0.55	3.15	2.08	3.85	1.08	1.15	16.23
pentachlorobiphenyls	4.73	4.45	39.75	8.65	6.06	4.52	1.54	69.7
hexachlorobiphenyls	4.04	2.57	25.59	10.00	6.10	3.53	1.59	53.42
heptachlorobiphenyls	1.80	0.66	4.30	2.05	1.20	0.55	0.32	10.88
octachlorobiphenyls	0.45	0.13	0.75	0.65	0.40	0.03	0.13	2.54
nonachlorobiphenyls	0.15	0.00	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.35
Total strate	17.80	10.00	77.00	29.2	22.70	10.30	5.2	172.20

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon. Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.

BPC retrouvés dans les organismes. Valeur en ng/g (poids humide).

	organismes				
	POISSONS			CREVETTES	
Congénères	KAM-1	FRAI-3	Total	SIM	Total
dichlorobiphenyls	1.50	2.40	3.09	5.80	5.80
trichlorobiphenyls	3.01	3.90	6.91	1.37	1.37
tetrachlorobiphenyls	6.04	16.36	22.40	1.98	1.98
pentachlorobiphenyls	25.54	33.89	59.43	2.62	2.62
hexachlorobiphenyls	23.56	18.03	41.59	2.15	2.15
heptachlorobiphenyls	3.57	5.33	8.90	1.05	1.05
octachlorobiphenyls	0.97	1.31	2.28	0.43	0.43
nonachlorobiphenyls	0.10	0.15	0.25	0.00	0.00
Total strate	59.4	81.8	141.20	15.10	15.10

KAM = Kamouraska, FRAI = Ile-aux-Fraises et SIM = Saint-Simon.
Les chiffres 1 à 3 réfèrent aux strates.